



LA PRÉPA DES INP

—

**SYLLABUS DE LA
FORMATION**

TABLe DES MATIÈRES

LA PRÉPA DES INP, UNE
PRÉPA PAS COMME LES
AUTRES...

I. ARCHITECTURE DE LA FORMATION

Tronc Commun - Première Année	1
Tronc Commun - Deuxième Année	3

II. MATHÉMATIQUES

Volume Horaires	5-8
Contenu de formation - 1A	9-14
Contenu de formation - 2A	15-17

III. INFORMATIQUE

	18
Tronc Commun - Volume Horaires	19-20
Tronc Commun - Contenu de formation	21-23

IV. PHYSIQUE

Tronc Commun - Volume Horaires	24
Tronc Commun - Contenu de formation	26-67
-> PO1 : Optique géométrique	26
-> PO2 : Optique ondulatoire	28
-> PO3 : Propagation des ondes mécaniques	33
-> EC1 & EC2 : Électrocinétique	37
-> EM1 : Champ électrostatique et magnétostatique	43
-> TH1 & 2 : Thermodynamique	48

TABLe DES MATIÈRES

IV. PHYSIQUE [SUITE]

-> TH3 : Systèmes ouverts - Diffusion de particules et diffusion thermique	53
-> M1 & M2 : Mécanique du point et du solide	57
-> M3 : Mécanique des fluides	63

V. CHIMIE 68

Tronc Commun - Volume Horaires 70-71

Tronc Commun - Contenu de formation 72-79

VI. BIOLOGIE

Tronc Commun - Volume Horaires 80-81

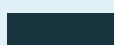
Tronc Commun - Contenu de formation 82-83

VII. LANGUES 86

VIII. ÉCONOMIE : 88

IX. PROJET 2A 89

ARCHITECTURE DE LA FORMATION :



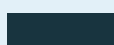
- **PREMIÈRE ANNÉE :**

1

1ÈRE ANNÉE TC	Présentiel (H)	ECST Semestre 1	ESCT Semestre 2	Coefficient Semestre 1	Coefficient Semestre 2	
Maths	305	9	9	7	7	
Physique	220 + 15*	7	7	7	7	
Informa - tique	55	2	2	3	3	HN 1A
Chimie	120 + 15*	4	4	4	4	HN 2A
Biologie	50 + 15*	2	2	3	3	
Total Sciences 1A	750 + 45*	* = REMÉDIATION				

EPS	45	3	3	1,5	1,5	
LV1	48	3	7	1,5	1,5	HN 1A
LV2	48	3	3	1,5	1,5	HN 2A
PPP	30	3	3	1,5	1,5	
Autres SHS	30	3	3	1,5	1,5	
Total SHS 1A	201					
Total 1A - TC	951 + 45*	30	30	30	30	

ARCHITECTURE DE LA FORMATION :



- **DEUXIÈME ANNÉE :**

2

2ÈME ANNÉE TC	Présentiel (H)	ECST Semestre 3	ESCT Semestre 4	Coefficient Semestre 3	Coefficient Semestre 4	
Maths	130	4	4	4	4	
Physique	100	3	3	3	3	
Informatique	40	1	1	1	1	
Devoirs Communs	9	-	-	4	1,5	HN 2A
Chimie	30	2	-	2	-	HN 3A
Projet	40	-	4	-	4	
LV1 et LV2	74	3	1	2	1,5	
EPS	36	1	1	1	1	
PPP	20	2	-	1	-	
Autres SHS	30	2	-	1	-	
Total 2A - TC	509	16	14	19	16	

- LA RÉPARTITION LV1/LV2 PEUT VARIER UN PEU D'UN SITE À L'AUTRE.
- LES AUTRES SHS PEUVENT CONTENIR ÉCONOMIE, CULTURE GÉNÉRALE, COMMUNICATION EN FONCTION DES SITES.

INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : MATHÉMATIQUES



VOLUME HORAIRE :

1ÈRE ANNÉE	SEMESTRE :	CM :	TD :	TOTAL :	TRAVAIL PERSONNEL ETUDIANT :
LOGIQUE	S1	4	6	10	10
CALCULS ALGÈBRIQUES	S1	4	8	12	12
NOMBRES COMPLEXES 1	S1	5	7	12	12
FONCTIONS DE LA VARIABLE RÉELLE	S1	4	8	12	12
NOMBRES COMPLEXES 2	S1	3	6	9	9
ÉQUATIONS DIFFÉRENT- IELLES À COEFFICIENTS CONSTANTS	S1	1,5	4,5	6	6

- SUITE -

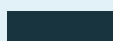
	SEMESTRE :	CM :	TD :	TOTAL :	TRAVAIL PERSONNEL ETUDIANT :
ÉQUATIONS DIFFÉRENT- IELLES LINÉAIRES D'ORDRE 1	S1	3	4	7	7
ALGÈBRE GÉNÉRALE	S1	4	8	12	12
STRUCTURE DE GROUPE	S1	4,5	7,5	12	12
SUITES NUMÉRIQUES	S1	10,5	13,5	24	24
CONTINUITÉ	S2 ou S1	9	12	21	21
POLYNÔMES	S1	5	7	12	12

- SUITE -

	SEMESTRE :	CM :	TD :	TOTAL :	TRAVAIL PERSONNEL ETUDIANT :
ESPACES VECTORIELS	S2 ou S1	9	13	22	22
APPLICATIONS LINÉAIRES	S2	6	9	15	15
FRACTIONS RA- TIONNELLES	S2	0	3	3	3
INTÉGRATION	S2	7,5	10,5	18	18
RELATIONS DE COMPARAISON	S2	3,5	2,5	6	6
CALCUL DIFFÉRENTIEL	S2	8	8	16	16
DL	S2	6	9	15	15
MATRICES	S2	9	12	21	21

- SUITE -

DÉTERM -INANTS	S1	4	8	12	12
SÉRIES NUMÉRIQUES À TERMES POSITIFS	S1	4,5	7,5	12	12



2ÈME ANNÉE	SEMESTRE :	CM :	TD :	TOTAL :	TRAVAIL PERSONNEL ETUDIANT :
RÉDUCTION DES ENDO - MORPHISMES	S3			15	15
INTÉGRALES GÉNÉRALISÉES	S3			10	10
CALCUL DIFFÉRENTIEL 1	S1			15	15
SÉRIES NUMÉRIQUES	S1	4	8	12	12
SUITES DE FONCTIONS	S1	3	6	9	9

1

CONTENU DE FORMATION :

TRONC COMMUN - 1ÈRE ANNÉE :

LOGIQUE

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Définition des connecteurs logiques (et, ou, implication, équivalence, négation), apprendre à nier une phrase quantifiée, démonstration par récurrence, récurrence faible et forte, par l'absurde et par contraposition, raisonnement par analyse-synthèse, Ensembles (définition, intersection, union, complémentaire).

PRÉ-REQUIS :

Aucun.

CALCULS ALGÈBRIQUES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Systèmes linéaires par méthode du pivot de Gauss, calcul de sommes et produits, binôme de Newton et coefficients binomiaux, simplification littérale, résolution d'inégalités (en incluant la valeur absolue), équations et inéquations (avec factorisation de polynômes, valeurs absolues, recherche de signes).

PRÉ-REQUIS :

Programme de Terminale -> Les systèmes 2×2 ; les équations du premier et du second degré, & les inéquations.

NOMBRES COMPLEXES 1

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Introduction aux nombres complexes, Forme algébrique, partie réelle, imaginaire, module, conjugué, inégalité triangulaire, Somme, produit et inverse, Calculs, Equation du 2nd degré à coefficients complexes, Représentation dans le plan, affixe d'un point. Travail avec la multiplication par le conjugué en cas de fraction de deux polynômes pour avoir la forme algébrique du quotient, Forme exponentielle, lien avec la géométrie (module, argument).

PRÉ-REQUIS :

Aucun pré-requis particulier outre la notion d'"Angle" et de "Distance", la fonction exponentielle, les racines carrées, & les équations du second degré à coefficients réels.

FONCTIONS DE LA VARIABLE RÉELLE

Fonctions usuelles et propriétés (puissances entières ou non, valeur absolue, Exp et ln), Bijection réciproque, formule de la dérivée de la bijection réciproque, fonctions trigo, fonctions trigo réciproques, fonctions hyperboliques, pas de trigo hyperbolique, seule formule sur $\cosh^2 - \sinh^2$ calculs sur la trigonométrie, parité, les limites, le domaine de définition, IPP à revoir en exercices, exemple de la partie entière à aborder.

PRÉ-REQUIS :

Programme de Terminale -> Les fonctions usuelles, notion de continuité et de dérivabilité, & module calculs algébriques.

NOMBRES COMPLEXES 2

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Euler et Moivre, utilisation des complexes pour linéariser $\cos^n(x)$, $\sin^n(x)$ et pour l'expression de $\cos(px)$, $\sin(px)$ à l'aide de puissances, racines n-ième avec cas particulier des racines carrées.

PRÉ-REQUIS :

Modules "Nombres complexes 1", "Calculs algébriques", "Fonction de la variable réelle".

EQUATIONS DIFFÉRENTIELLES À COEFFICIENTS CONSTANTS

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Equations différentielles du premier ordre à coefficients constants et avec second membre. Forme exponentielle ou trigo pour le second membre, Théorème de structure des solutions, théorème sur la forme de solution particulière et présenter en exemple l'utilisation des complexes pour un second membre en λe^{imx} comme traité en physique.

PRÉ-REQUIS :

Equations différentielles d'ordre 1 étudiées au lycée.

EQUATIONS DIFFÉRENTIELLES LINÉAIRES D'ORDRE 1

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Définition, Structure des solutions, Plan d'étude, Solution de l'équation homogène, Recherche d'une solution particulière (solution évidente, cas déjà étudiés, méthode de la variation de la constante), Principe de superposition, Pb de Cauchy.

PRÉ-REQUIS :

Module "Equations différentielles à coefficients constants".

ALGÈBRE GÉNÉRALE

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Relation d'un ensemble dans un ensemble: définition, propriétés (donner en exemple la relation d'équivalence), classes d'équivalence. Relation d'un ensemble dans un autre: application, fonction, injectivité, surjectivité, bijectivité, image et image réciproque d'un ensemble. Composition.

PRÉ-REQUIS :

Module "Logique et ensembles".

STRUCTURE DE GROUPES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Lois interne, propriétés, définition d'un groupe, th des sous groupes. Morphismes de groupes, noyau et image. Image directe d'un sous groupe par un morphisme.

PRÉ-REQUIS :

Modules "Algèbre générale", "Logique" & "Nombres complexes".

SUITES NUMÉRIQUES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Relation d'ordre des réels, borne supérieure, densité des rationnels et des irrationnels. Définition des suites, opérations (+, x, .), structure, suites réelles majorées, minorées, bornée, monotones. Comportement asymptotique, définition quantifiée de la limite, unicité, toute suite convergente est bornée, opération sur les limites, liens entre limites et inégalités (théorème des gendarmes...), suites extraites, suites réelles monotones et adjacentes, les suites récurrentes linéaires doubles., suites récurrentes avec plan d'étude (autonomie sur f croissante, f décroissante à voir en exercices).

PRÉ-REQUIS :

Programme de Terminale -> "Les suites", le module "Logique", "Fonctions de la variable réelle".

CONTINUITÉ

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Topologie de $\mathbb{R}$: adhérence, intérieur, voisinage d'un point, Limites : définition quantifiée, unicité, opérations, caractérisation séquentielle, limites et encadrement. Continuité : définition, prolongement par continuité, continuité sur une partie, discontinuités de première et deuxième espèce, théorème des valeurs intermédiaires et ses conséquences pour les fonctions continues sur segments (théorème de la bijection, bornes atteintes sur un segment, image d'un intervalle, d'un segment par une fonction continue, théorème d'homéomorphisme, injectif + continue => strictement monotone). Quelques limites usuelles pour faire du calcul de limite "simple" à ce stade (dont les croissances comparées). Ne pas chercher des limites trop techniques, fonction partie entière.

PRÉ-REQUIS :

Modules "Fonction de la variable réelle" et "Suites" (écriture epsilonlesque des limites et notamment caractérisation séquentielle) requis.

POLYNÔMES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Définition, opérations, structure, degré, lien avec les opérations, Composition, Dérivation, formule de Taylor, Division euclidienne, relation "divise", notion de diviseurs d'un polynôme, Racines d'un polynôme, multiplicité, Factorisation en produit de polynômes irréductibles à coefficients dans $\mathbb{R}$ ou $\mathbb{C}$, PGCD, polynômes premiers entre eux, Relations entre coefficients et racines : terme de plus bas degré et celui de degré $n-1$ et le cas particulier où $n=2$.

PRÉ-REQUIS :

Module d'"Algèbre générale", suites, calculs algébriques, nombres complexes 2.

ESPACES VECTORIELS

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Espaces vectoriels sur K , règles de calcul, Sous-espaces vectoriels, caractérisation, intersection, somme, somme directe, supplémentaires, Familles et combinaisons linéaires de vecteurs, sev engendrés, familles génératrices, Dépendance et indépendance linéaires, Base d'un ev, dimension finie et théorème fondamental, Théorème de la base incomplète, théorème de la base extraite, Caractérisation des ev supplémentaires en dimension finie, Rang d'une famille de vecteurs.

PRÉ-REQUIS :

Module d'"Algèbre générale", connaissances vectorielles du lycée, calculs algébriques, structures de groupes.

APPLICATIONS LINÉAIRES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Définition et vocabulaire, règles de calcul, opérations, Images directes et réciproques d'un sev, cas particuliers fondamentaux : ensemble image et noyau, ce sont des sev, lien avec surjectivité injectivité, Image de familles de vecteur : famille génératrice de $\text{Im}(f)$, lien avec la liberté. f surjective ssi l'image d'une famille génératrice est génératrice (et énoncés analogues avec injectivité et bijectivité). Applications linéaires en dimension finie : rang d'une application linéaire, lien avec injective/surjective/bijective, construction d'al, 2 ev isomorphes, th. du rang, cas des endomorphismes ($\text{inf} \Leftrightarrow \text{surjectif}$), homothéties, symétries et projections.

PRÉ-REQUIS :

Module "EV", algèbre générale, calculs algébriques.

FRACTIONS RATIONNELLES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Méthodes de DES : sous forme de fiche. Mise en application sur des cas relativement simples et pratiques (pas de paramètre n , privilégier décomposition dans $\mathbb{R}(X)$: évaluations, parité, limite). A ne pas séparer du module "Intégration", même à intégrer aux calculs pratiques de primitives.

PRÉ-REQUIS :

Module "Polynôme", nombres complexes, calculs algébriques.

INTÉGRATION

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Pour culture générale, non exigible : Construction de l'intégrale. Propriétés de l'intégrale, fonctions continues par morceaux, sommes de Riemann, inégalité et égalité de la moyenne, théorème fondamental de l'analyse, primitive, lien entre intégrale et primitive. Intégration par parties, changements de variable. Calcul pratique de primitives (IPP, changement de variables, fractions rationnelles, polynômes exponentielles).

PRÉ-REQUIS :

IPP vue en terminale, module "Suites numériques" pour les sommes de Riemann, calculs algébriques, fractions rationnelles et continuité.

RELATIONS DE COMPARAISON

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Définition relations $O, o \sim$ pour les fonctions et pour les suites, propriétés et opérations pour la relation o (ce qui marche, ce qui ne marche pas), croissances comparées, propriétés et opérations pour les équivalentes (transitivité, produit, quotient, composition à droite et puissance, valeur absolue) et ce qui ne marche pas. Pas de théorème de composition avec $\ln$ ou $\exp$ (revenir à la def si besoin). Liens entre équivalents et limites.

PRÉ-REQUIS :

Module "Fonctions et continuité" requis.

CALCUL DIFFÉRENTIEL

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Dérivabilité en un point : Définitions, lien avec la continuité, opérations (+,.,x,/) et formules, dérivée d'une composée et d'une application réciproque, Dérivabilité sur un intervalle, Dérivées successives, formule de Leibniz, fonctions de classe C^n et opérations, Théorème de Rolle, Théorème des Accroissements Finis, applications : lien dérivée / sens de variation d'une fonction, Inégalités des AF, Formule de Taylor Young, formule de Taylor-Lagrange.

PRÉ-REQUIS :

Module "Fonctions", intégration, polynômes, continuité, relation de comparaison.

DL

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Développements limités en 0, en a réel quelconque et en l'infini, développement généralisé, (selon l'échelle des (x^k) avec k dans $\mathbb{Z}$) en 0, en a réel quelconque et en l'infini, Formulaires, Calcul de limites, Tangentes et branches asymptotiques, positions relatives.

PRÉ-REQUIS :

Maîtrises du module "Calcul différentiel", fonctions usuelles et relations de comparaison.

MATRICES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Définitions, opérations : addition, multiplication externe, multiplication interne, propriétés, rang d'une matrice, détermination pratique du rang, matrice inversible, groupe linéaire, calcul pratique de l'inverse d'une matrice, changement de bases, matrice de passage, formules de changement de bases pour les vecteurs et les applications linéaires.

PRÉ-REQUIS :

Modules "EV" et "Applications linéaires", & calcul algébriques (système).

DÉTERMINANTS

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Formes n-linéaires, symétriques, antisymétriques, alternées, Déterminant d'une famille de n vecteurs relativement à une base, Déterminant d'un endomorphisme, Déterminant d'une matrice carrée, Calcul pratique d'un déterminant, techniques de calcul et développement selon une ligne ou une colonne, notion de mineur, cofacteur, comatrice, applications des déterminants : caractérisation de la bijectivité, calcul de l'inverse d'une matrice.

PRÉ-REQUIS :

Modules "Matrices", "Applications linéaires", "EV", & "Structure de groupes".

SÉRIES NUMÉRIQUES À TERMES POSITIFS

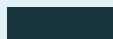
PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Def série, somme partielle, série convergente, somme de série. Condition nécessaire de convergence : le terme général doit tendre vers 0. Structure d'ev de l'ensemble des séries convergentes.

SERIES A TERMES POSITIFS : une série à termes positifs converge ssi la suite des sommes partielles est majorée- Critère de majoration, minoration, équivalence- séries de Riemann, séries géométriques à termes positifs- Règles de Riemann- .

PRÉ-REQUIS :

Maîtrise du module "Suites" + bonne maîtrise des sigmas et de la réindexation.



2

CONTENU DE FORMATION :

TRONC COMMUN - 2ÈME ANNÉE :

RÉDUCTION DES ENDOMORPHISMES : DIAGONALISATION ET ÉLÉMENTS PROPRES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Valeur propre et vecteur propre, spectre, sep en somme directe, sev stables par un endomorphisme et représentation matricielle, polynôme caractéristique, lien avec les valeurs propres, multiplicité d'une valeur propre, diagonalisation, th. fondamental donnant une CNS de diagonalisation, cas particuliers importants (polynôme caractéristique scindé à racines simples, polynôme caractéristique non scindé et cas du spectre réduit à un seul élément), application : calcul des puissances de A , résolution d'un système linéaire d'équations différentielles, résolution d'un système linéaire de suites récurrentes, commutant d'une matrice diagonalisable.

PRÉ-REQUIS :

Modules "Calculs algébriques", "Algèbre générale", "Structures de groupes", "EV", "Applications linéaires", "Déterminant", & "Equations différentielles".

INTÉGRALES GÉNÉRALISÉES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Définition de la convergence d'une intégrale généralisée, intégrales faussement impropres, intégrales de Riemann, critères de comparaison, fonctions intégrales, intégrales semi-convergentes.

PRÉ-REQUIS :

Modules "Relations de comparaison", "Intégration", "Calcul différentiel", "DL", "Séries".

CALCUL DIFFÉRENTIEL 1 (FONCTION DE DEUX, TROIS VARIABLES)

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Topologie de $\mathbb{R}^2$ et $\mathbb{R}^3$: norme, normes 1, 2 et ∞ , normes équivalentes, distance, boules ouverte et fermée, sphère, voisinage, partie ouverte, partie fermée. Applications de $\mathbb{R}^2$ (ou $\mathbb{R}^3$) dans $\mathbb{R}$: limite, techniques de calcul de limites, application partielle, continuité, dérivée partielle première selon un vecteur ou selon la base canonique, fonction de classe C^1 .

PRÉ-REQUIS :

Modules "Continuité", "Calcul différentiel 1", "EV".

SÉRIES NUMÉRIQUES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Révisions 1A. Séries de signe non constant : séries absolument convergentes, critère spéciale des séries alternées, ou développements asymptotiques, comparaison série à termes positifs et intégrales, produit de deux séries absolument convergentes (propriétés de l'exponentielle).

PRÉ-REQUIS :

Modules "Suites", "Séries positives", & "Calculs algébriques".

SUITES DE FONCTIONS

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Convergence simple et uniforme pour les suites de fonctions. Continuité de la limite en cas de convergence uniforme, interversion de la limite et de l'intégrale sur un segment, dérivabilité de la limite en cas de convergence uniforme de la suite des dérivées. Théorème de convergence dominée.

PRÉ-REQUIS :

Modules "Suites", "Calcul différentiel 1", & "Intégration".

ESPACES VECTORIELS EUCLIDIENS

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Produit scalaire, expression matricielle, norme euclidienne, inégalité de Cauchy Schwarz, identités de polarisation et du parallélogramme, vecteurs orthogonaux, famille orthogonale et orthonormée, th. de Pythagore, expression du produit scalaire dans une base, coordonnées d'un vecteur dans une base, procédé d'orthonormalisation de Schmidt, sous-ensemble orthogonaux, orthogonal d'un ensemble, supplémentaire orthogonal, projection orthogonale et formule du projeté, distance d'un vecteur à un sev.

PRÉ-REQUIS :

Modules d'"Algèbre linéaire" & "Polynômes".

CALCUL DIFFÉRENTIEL 2

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Dérivées partielles secondes, théorème de Schwarz application différentiable, opérations sur les différentielles, C^1 -difféomorphismes, jacobien, changement de variables, résolution d'EDP avec changement de variable. Plan tangent.

PRÉ-REQUIS :

Module "Calcul différentiel 1".

PROBABILITÉS

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Probabilités sur un univers dénombrable définition espace probabilisé, événements, suites d'événements, indépendances d'événements, proba conditionnelles, Formule des probabilités composées, Formule des probabilités totales, Formules de Bayes, Variables aléatoires discrètes, loi d'une variable aléatoire, espérance, théorème de transfert, moments d'ordre n , variance, fonctions de répartition, on traite directement le cas dénombrable.

Lois discrètes usuelles : loi uniforme discrète (loi équirépartie), loi binomiale dont la loi de Bernoulli (en rappels), loi de Poisson et loi géométrique.

Probabilités sur un univers continu : variable aléatoire, fonction de répartition, densité, moments (espérance, variance), indépendance de deux variables aléatoires, inégalités de Markov et Bienaymé-Chebyshev, Lois usuelles continues : uniforme sur un segment, exponentielle, normale, gaussienne, convergence en loi, théorème central limite, approximation de loi (Binomiale par Normale, Poisson par Normale), correction de continuité à utiliser dans les cas d'approximation de lois discrètes par des lois continues (sauf mention explicite du contraire).

PRÉ-REQUIS :

Modules "Séries", "Intégrales généralisées" + Dénombrement, combinatoire et probabilités de Terminale.

STATISTIQUES

PROGRAMME AVEC LES ÉLIGIBLES POUR TOUS LES SITES :

Statistiques descriptives à deux variables (voir rappels sur les statistiques à une variable vues au lycée) : Méthode de régression linéaire par les moindres carrés avec utilisation d'un langage (R ou Python). Échantillonnage et Estimation (estimateurs sans biais et asymptotiquement sans biais, convergent, estimation ponctuelle et par intervalle de confiance).

On traitera un exemple d'estimation par intervalle de confiance d'une moyenne ou d'une proportion (la formule d'un intervalle de confiance ne doit pas être donnée mais retrouvée par le calcul). Initiation aux tests statistiques (notions d'hypothèses, risque de première espèce, p valeur) : un exemple sera traité sur une proportion mais cette partie du cours ne doit pas être approfondie. Il n'est pas demandé de traiter d'autres tests comme celui du Khi deux, cette partie sera abordée en école d'ingénieur.

PRÉ-REQUIS :

Modules d'"Algèbre linéaire" & "Polynômes".

INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : INFORMATIQUE

PRÉ-REQUIS :

Ne sont signalés que les prérequis extérieurs à l'informatique, étant entendu qu'un enseignement en informatique dans un semestre donné nécessite les semestres précédents.

COMPÉTENCES VISÉES :

- Analyser et Modéliser un problème ou une situation.
- Imaginer, Concevoir et Mettre en Œuvre une solution.
- Travailler en mode projet.
- Travailler en groupe.
- Organiser le travail à effectuer pour répondre à un besoin ou à une demande.
- Interpréter les résultats produits par un programme.
- Communiquer.



VOLUME HORAIRE :

SEMESTRE 1 : ALGORITHMIQUE ET PROGRAMMATION

	CM/TD/TP :	DS :	TOTAL :	TRAVAIL PERSONNEL ETUDIANT :
Algorithmique et programmation	23	2	25	15

SEMESTRE 2 : BASE DE DONNÉES. INGÉNIERIE NUMÉRIQUE.

	CM/TD/TP :	DS :	TOTAL :	TRAVAIL PERSONNEL ETUDIANT :
Base de données.	9	1	30	35 (15H+20H pour le projet)
Ingénierie numérique.	14	1		
Projet	5	-		

SEMESTRE 3 : ALGORITHMIQUE AVANCÉE

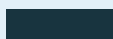
	CM/TD/TP :	DS :	TOTAL :	TRAVAIL PERSONNEL ETUDIANT :
Algorithmique avancée	18.5	1.5	20	15



VOLUME HORAIRE :

SEMESTRE 4 : SYSTÈME FORMEL

		CM/TD/TP :	DS :	TOTAL :	TRAVAIL PERSONNEL ETUDIANT :
SYSTÈMES FORMELS	TAD (piles, files, modules)	14	1	30	20
	Langages et Automates				
PROJET	-	5	-		(15H+20H pour le projet)



CONTENU DE FORMATION :

TRONC COMMUN : SEMESTRE 1 - ALGORITHMIQUE ET PROGRAMMATION

Note : Les étudiant ayant suivi la spécialité ISN pourront être dispensés de ce module.
 L'évaluation sera alors faite à l'aide d'un projet à rendre.

CONTENU :	COMMENTAIRES :
TYPES ÉLÉMENTAIRES & OPÉRATIONS	-
REPRÉSENTATION DES DONNÉES (RÉELS, ENTIERES)	-
NOMBRES EN BASE B	-
STRUCTURES DE CONTRÔLES	-
FONCTIONS	-
LISTES/TABLEAUX, OPÉRATIONS STANDARDS	Implémentation de fonctions existantes : pop / appartenance (recherche naïve) / count / ...
UTILISATION DES BIBLIOTHÈQUES	-
TRIS	Tris « simples » : Tri par insertion, Tri par sélection, Tri à bulles
MÉTHODE DE LA DICHOTOMIE	En lien avec les sciences

TRONC COMMUN : SEMESTRE 2 - BASES DE DONNÉES. INGÉNIERIE NUMÉRIQUE.

PRÉREQUIS :

- Chapitre "**Intégration**" (Maths) pour les Méthodes d'intégration numériques.
- Chapitre "**Calcul différentiel**" (Maths) pour la Méthode de Newton pour la résolution d'équations.

BASE DE DONNÉES :

CONTENU :	COMMENTAIRES :
ALGÈBRE RELATIONNELLE.	-
IMPLÉMENTATION REQUÊTE SQL.	-

INGÉNIERIE NUMÉRIQUE :

CONTENU :	COMMENTAIRES :
ILLUSTRATION DE LA COMPLEXITÉ DES EXEMPLES.	Illustration avec les suites récurrentes par exemple. Décompte simple du nombre d'itérations. La complexité est vue plus en profondeur au S3. En lien avec les sciences.
ILLUSTRATION DE LA RÉCURSIVITÉ SUR DES EXEMPLES.	Définition de la notion de récursivité. Exemple : factorielle (algo récursif & itératif).
ENCODAGE DES FLOTTANTS.	-
MÉTHODES D'INTÉGRATION NUMÉRIQUES.	En lien avec les sciences. Méthodes : rectangles, trapèzes, simpson.
MÉTHODE DE NEWTON POUR LA RÉOLUTION D'ÉQUATIONS.	En lien avec les sciences.
MÉTHODE DU PIVOT DE GAUSS.	En lien avec les sciences. Présentation en liste de listes avec ses limites et introduction de <code>numpy.array</code>
UTILISATION DE MATPLOTLIB	-

PROJET :

CONTENU :	COMMENTAIRES :
PROJET.	-

TRONC COMMUN : SEMESTRE 3 - ALGORITHMIQUE AVANCÉE

ALGORITHMIQUE AVANCÉE :

CONTENU :	COMMENTAIRES :
COMPLEXITÉ.	[Partie transversale] Définition de la complexité. Opérations élémentaires. Temps constant, linéaire, quadratique... Pire/Meilleur/Moyenne des cas. Analyse asymptotique. Illustration dans les algorithmes utilisés dans le semestre.
TERMINAISON/CORRECTION DES BOUCLES.	-
RÉCURSIVITÉ.	Récursivité « avancée », avec par exemple utilisation dans un tri fusion
TRIS.	Tri fusion, Tri rapide. La connaissance de l'ensemble des tris n'est pas un objectif.
TESTS.	Utilisation de tests pour valider des programmes en « TP » [montrer les bonnes pratiques de programmation]. Couverture (coverage). Gestion des exceptions. Pas de cours «théorique».
TYPES ENSEMBLE & DICTIONNAIRE.	Utilisation des objets Python.

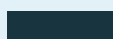
TRONC COMMUN : SEMESTRE 4 - SYSTÈMES FORMELS

SYSTÈMES FORMELS :

CONTENU :	COMMENTAIRES :
TAD (PILES, FILES, MODULES)	-
LANGAGES ET AUTOMATES	Initiation

PROJET :

CONTENU :	COMMENTAIRES :
PROJET	On pourra introduire des algorithmes non vus avant (algorithmes gloutons...). Conception de modules. Possibilité d'illustrer les Langages et Automates.



INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT :

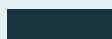
PHYSIQUE



VOLUME HORAIRE :

1ÈRE ANNÉE	SEMESTRE :	CM + TD	TP :	NUMÉRIQUE :	ÉVAL :
PO1 : OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE	S1	19	18	2	1.5
EC1 & EC2 : CIRCUITS ÉLECTRIQUES 1 ET 2	S1 & S2	31		7	3
M1 & M2 : MÉCANIQUE 1 ET 2	S1 & S2	57		5	3
TH1 & TH2 : THERMODYNAMIQUE 1 ET 2	S1 & S2	40		1	3
EM1 : CHAMP ÉLECTROSTATIQUE ET MAGNÉTOSTATIQUE	S2	26		2	1.5

2ÈME ANNÉE	SEMESTRE :	CM + TD	TP :	NUMÉRIQUE :	ÉVAL :
PO3 : ONDES MÉCANIQUES	S3	25		-	-
M3 : MÉCANIQUE DES FLUIDES	S3	25		-	-
TH3 : SYSTÈMES OUVERTS ET DIFFUSION	S4	25		-	-
PO2 : OPTIQUE ONDULATOIRE	S4	25		-	-



CONTENU DE FORMATION :

TRONC COMMUN : SEMESTRE 1 - PO1 : OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

PRÉREQUIS EN PHYSIQUE :

Aucun.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
REPÈRES HISTORIQUES EN OPTIQUE LES DIFFÉRENTS MODÈLES ET LEURS LIMITATIONS.	-	-
INDICE OPTIQUE D'UN MILIEU TRANSPARENT. MILIEU TRANSPARENT HOMOGÈNE ET ISOTROPE NOTION DE DISPERSION.	• Relier la longueur d'onde dans le vide et la longueur d'onde dans le milieu. • Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.	La loi de Cauchy n'est pas exigible.
SOURCES LUMINEUSES. SOURCES PRIMAIRES / SECONDAIRES. MODÈLE DE LA SOURCE PONCTUELLE MONOCHROMATIQUE.	• Spectre du visible. • Caractériser une source lumineuse par son spectre.	-
APPROXIMATION DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET NOTION DE RAYON LUMINEUX.	• Définir le modèle de l'optique géométrique et indiquer ses limites.	-
RÉFLEXION - RÉFRACTION. LOIS DE DESCARTES.	• Interpréter la loi de la réfraction à l'aide du modèle ondulatoire. • Établir la condition de réflexion totale.	La propagation dans un milieu d'indice variable (mirage, fibre optique) peut être abordée en le traitant en strate d'indice constant.
NOTION DE SYSTÈME OPTIQUE, OBJET/IMAGE, RÉEL/VIRTUEL.	• Construire l'image d'un objet, identifier sa nature réelle ou virtuelle. Cas du miroir plan.	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
CONDITIONS DE GAUSS.	• Énoncer les conditions permettant un stigmatisme et un aplanétisme approchés et les relier aux caractéristiques d'un détecteur. • Cas du dioptre blanc.	• Le cas du prisme ne sera plus abordé en cours mais possible en TD ou TP. • Les formules relatives au prisme ne sont pas exigibles mais peuvent faire l'objet d'un exercice guidé.
LENTILLES MINCES.	• Connaître les définitions et les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence. • Lentille convergente et divergente. • Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux. • Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal fournies (Descartes, Newton). • Choisir de façon pertinente dans un contexte donné la formulation (Descartes ou Newton) la plus adaptée. • Établir et connaître la condition $D \geq 4f$ pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente. • Modéliser expérimentalement à l'aide de plusieurs lentilles un dispositif optique d'utilisation courante.	• Le miroir et dioptre sphérique ne sont plus abordés comme élément à faces sphériques qui permettraient ensuite d'introduire la lentille. • Les méthodes de focométrie seront abordées en TP La notion d'aberration pourra être introduite en TP. Les instruments optiques (loupe, microscope, lunette) seront abordés en TD. Aucun résultat n'est à connaître par cœur.
SYSTÈME OPTIQUE - ÉLÉMENTS CARDINAUX (FOYERS ET PLANS PRINCIPAUX).	• Cas du doublet de lentilles minces. • Un doublet sera vu comme une succession de conjugaison par chaque lentille.	• Introduire la notion de boîte noire comme modélisation d'un système optique complexe. • La notion de plan principal n'est pas au programme. • On n'exigera aucune formule par cœur pour les doublets • L'étudiant doit connaître la définition d'un système afocal.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
L'ŒIL.	- Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur fixe. - Connaître les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.	<u>Valeurs à retenir :</u> - Le pouvoir de résolution de l'œil est d'environ une minute d'arc ($1' = 1/60^\circ = 0,017^\circ$). - Le punctum remotum (PR) est situé à l'infini, et le punctum proximum (PP) est situé à 25 cm du cristallin pour un œil emmétrépe.

TRONC COMMUN : SEMESTRE 4 - PO2 : OPTIQUE ONDULATOIRE

PRÉREQUIS EN PHYSIQUE :

Électromagnétisme au S2, Ondes mécaniques au S3, Mineure ou majeure de physique du S3 conseillée.

1. RAPPELS SUR LA PROPAGATION D'UNE ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE DANS LE VIDE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. STRUCTURE DE L'ONDE PLANE DANS LE VIDE. POLARISATION RECTILIGNE. VECTEUR DE POYNTING. ONDE QUASI-PLANE.	On admet : - L'existence d'ondes électromagnétiques dans le vide - La structure d'une OPPH dans le vide.	Ces notions n'auront été vues que par les étudiants ayant choisi la mineure ou la majeure de physique.
LUMIÈRE NATURELLE.	Modèle des trains d'onde.	-

2. MODÈLE SCALAIRE DE LA LUMIÈRE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
PROPAGATION D'UNE VIBRATION SCALAIRE LE LONG D'UN RAYON LUMINEUX : CHEMIN OPTIQUE.	- Lien entre rayon lumineux et vecteur de Poynting. - Associer la grandeur scalaire de l'optique à une composante du champ électrique. - Relation fondamentale entre le chemin optique et le déphasage lié à la propagation.	Dans le cas où un déphasage supplémentaire est introduit (par exemple réflexion métallique...) sa valeur sera indiquée.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
SURFACES D'ONDES ; ONDE PLANE, ONDE SPHÉRIQUE. THÉORÈME DE MALUS.	- On définit les surfaces d'ondes relatives une source ponctuelle S par l'ensemble des points M présentant le même retard soit tels que $(SM) = \text{constante}$. - Savoir que les surfaces d'onde sont orthogonales aux rayons lumineux. - Exprimer la différence de marche entre rayons lumineux. - Associer les adjectifs "plane" et "sphérique" à la forme des surfaces d'ondes.	-
EFFET D'UNE LENTILLE MINCE DANS L'APPROXIMATION DE GAUSS.	Utiliser l'égalité des chemins optiques entre le point objet et son image.	-
INTENSITÉ LUMINEUSE. DÉTECTEUR.	- Savoir que les détecteurs sont sensibles à l'intensité reçue. - Relier l'intensité à la moyenne temporelle du carré de la grandeur scalaire de l'optique sur le temps de réponse du détecteur. Comparer la période des ondes dans le domaine de l'optique aux temps de réponses des détecteurs.	-

3. INTERFÉRENCES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
SUPERPOSITION DE 2 ONDES. SOURCES COHÉRENTES : MONOCHROMATIQUE ET SYNCHRONES. INTERFÉRENCES NON LOCALISÉES ENTRE DEUX ONDES TOTALEMENT COHÉRENTES.	- Établir et connaître la formule de Fresnel en précisant ses conditions de validité : $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \varphi$ - Justifier par le modèle de trains d'ondes et l'ordre de grandeur des fréquences de l'optique les conditions d'obtention du terme d'interférences. En déduire les conditions d'obtention d'une figure d'interférences en optique.	Dans le cas où un déphasage supplémentaire est introduit (par exemple réflexion métallique...) sa valeur sera indiquée.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
	• Identifier une situation où les 2 sources sont cohérentes ou incohérentes et en déduire l'expression de l'intensité résultante (avec ou sans terme d'interférences).
ORDRE D'INTERFÉRENCES P.	• Définir l'ordre d'interférences : $p = \frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{\varphi}{2\pi}$
CONTRASTE.	Exprimer le contraste d'une figure d'interférences : $C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$

4. DISPOSITIF PAR DIVISION DU FRONT D'ONDE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
DISPOSITIF DES TROUS D'YOUNG AVEC LA SOURCE À GRANDE DISTANCE (OU DANS LE PFO D'UNE LENTILLE CONVERGENTE) ET L'OBSERVATION À GRANDE DISTANCE (OU DANS LE PFI D'UNE LENTILLE CONVERGENTE).	• Exprimer la différence de marche puis l'intensité lumineuse pour ce dispositif. • Savoir que les franges ne sont pas localisées. • Interpréter la forme des franges observées sur un écran éloigné parallèle au plan contenant les trous. Exprimer l'interfrange i.	Savoir exprimer la différence de marche par les coordonnées et rapidement à partir d'un schéma.
VARIATION DE P PAR AJOUT D'UNE LAME À FACE PARALLÈLE SUR UN DES TRAJETS.	• Interpréter la modification du système de franges.	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
DES TROUS D'YOUNG AUX FENTES D'YOUNG.	• Décrire l'impact du déplacement de la source ponctuelle sur la figure d'interférences. • Justifier qu'un élargissement spatial de source perpendiculairement à l'axe des trous laisse le contraste inchangé.	-

4. DISPOSITIF PAR DIVISION D'AMPLITUDE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON AVEC MIROIRS RÉGLÉS EN LAMES À FACES PARALLÈLES ÉCLAIRÉ PAR UNE SOURCE PONCTUELLE OU ÉTENDUE.	• Savoir exprimer la différence de marche puis l'intensité lumineuse pour ce dispositif. • Analyser la figure d'interférences (nature des franges, rayons des anneaux...).	Le Michelson en configuration coin d'air est hors-programme.

5. NOTION DE COHÉRENCE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
SOURCE MONOCHROMATIQUE ÉTENDUE. NOTION DE COHÉRENCE SPATIALE.	• Montrer que l'élargissement spatial de source conduit à une perte de visibilité des franges sauf éventuellement sur certaine surface de localisation (pour les dispositifs à division d'amplitude). Exprimer la perte de contraste.	<u>Exemple</u> : extension selon l'axe des trous pour les trous d'Young.
SOURCE POLYCHROMATIQUE PONCTUELLE. NOTION DE COHÉRENCE TEMPORELLE.	• Interpréter la modification du système de franges.	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
SOURCE POLYCHROMATIQUE PONCTUELLE. NOTION DE COHÉRENCE TEMPORELLE.	• Montrer que l'élargissement spectral de source conduit à une perte de visibilité des franges. Exprimer la perte de contraste. • Définir la longueur de cohérence temporelle. • Analyser la situation en terme de trains d'onde et associer la longueur de cohérence temporelle à l'étendue spatiale d'un train d'onde. • Relier l'étendue spectrale $\Delta\nu$ à la durée d'un train d'onde $\tau : \Delta\nu \cdot \tau = 1$	-

6. DIFFRACTION À L'INFINI :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
PRINCIPE DE HUYGENS-FRESNEL. DIFFRACTION À L'INFINI D'UNE ONDE PLANE PAR UNE PUPILLE RECTANGULAIRE ; CAS DE LA PUPILLE FENTE. LIMITE DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. DIFFRACTION À L'INFINI PAR LES FENTES D'YOUNG ÉCLAIRÉES PAR UNE SOURCE PONCTUELLE À L'INFINI, PAR UNE FENTE-SOURCE PARALLÈLE : INFLUENCE DE LA LARGEUR DE LA FENTE-SOURCE SUR LA VISIBILITÉ DES FRANGES.	Le principe de Huygens - Fresnel est énoncé de façon qualitative. Lors de sa mise en œuvre mathématique pour la diffraction à l'infini, on s'attache uniquement aux différences de phase entre les ondes secondaires, sans se préoccuper des facteurs d'amplitude.	On peut présenter l'allure de la figure de diffraction à l'infini par une pupille circulaire (la démonstration de la formule correspondante est hors-programme). On pourra souligner sans démonstration, le rôle de la diffraction à l'infini dans la formation des images.
POUVOIR DE RÉOLUTION DES INSTRUMENTS.	Critère de Rayleigh.	-

7. SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
INTERFÉRENCES À N ONDES.	• Réseau en transmission/réflexion. • Fabry-Pérot	-
POLARISATION : LOI DE MALUS. POLARISATION ELLIPTIQUE/CIRCULAIRE. HÉLICITÉ. LAMES À RETARD DE PHASE : DEMI-ONDE, QUART D'ONDE.	• Établir la loi de Malus. • Utiliser une lame quart d'onde ou demi-onde pour modifier ou analyser un état de polarisation, avec de la lumière totalement polarisée. • Interpréter des résultats d'expériences d'interférences en lumière polarisée.	-

* Ces prolongements possibles ne constituent pas des compétences exigibles des étudiants au moment de l'écriture du syllabus. Leur traitement relève à ce stade de la liberté pédagogique. Ces derniers doivent être testés pour être affinés, modifiés, consolidés avec le temps.

TRONC COMMUN : SEMESTRE 3- PO3 : PROPAGATION DES ONDES MÉCANIQUES

Remarques : Plusieurs notions mathématiques enseignées en première année, que ce soit en physique ou en mathématiques, sont nécessaires à la compréhension technique de ce module : petites variations, développement de Taylor au 2ème ordre d'une fonction, fonctions à plusieurs variables, utilisation de la notation complexe... Toutefois, certaines notions devront être présentées par l'enseignant, en couplage avec d'autres modules de cette deuxième année (électromagnétisme, transport...) : dérivées partielles dans le cas de fonctions composées, équation aux dérivées partielles... Enfin, la notion d'analyse de Fourier ne sera vue que trop tard en mathématiques. Un exemple numérique de sommation d'ondes sinusoïdales pourra être une bonne introduction aux séries de Fourier.

PRÉREQUIS EN PHYSIQUE :

Électromagnétisme au S2, Ondes mécaniques au S3, Mineure ou majeure de physique du S3 conseillée.

PRÉREQUIS EN MATHS :

Calcul différentiel, notamment les développements limités, les dérivées partielles. Si possible: analyse de Fourier. En algèbre linéaire: valeurs propres, vecteurs propres, diagonalisation d'une matrice.

1. PROPAGATION D'UN SIGNAL - NOTION D'ONDE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
PROPAGATION DU SON DANS UN SOLIDE : CHAÎNE INFINIE DE RESSORTS – PASSAGE À UN MILIEU CONTINU.	Identifier les grandeurs physiques correspondant à des ondes mécaniques.	Donner des exemples
ÉQUATION DE D'ALEMBERT UNIDIMENSIONNELLE DANS PLUSIEURS DOMAINES DE LA PHYSIQUE.	- On retrouve la célérité en fonction des paramètres physiques de la situation : tension et masse linéique pour la corde, constante de raideur des ressorts, distance et masse pour la chaîne d'oscillateurs, module d'Young et masse volumique pour le milieu continu. - Fonction d'onde associée à un phénomène de propagation ; couplage des variables spatiales et temporelles.	On établira l'équation de d'Alembert au moins dans les cas de la corde sans raideur, de la chaîne d'oscillateurs (dans la limite du milieu continu), et du son dans un fluide (dans l'approximation acoustique). Plus généralement l'étudiant doit pouvoir retrouver cette équation dans tous les cas simples de milieux linéaires. Dans le cas de la corde, on se limite aux petits mouvements d'une corde sans raideur dans un plan fixe.

2. ONDE PROGRESSIVE – SUPERPOSITION D'ONDES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
SOLUTION GÉNÉRALE DE L'ÉQUATION DE D'ALEMBERT UNIDIMENSIONNELLE (ADMISE, PAS DE DÉMONSTRATION). ONDE PROGRESSIVE DANS LE CAS D'UNE PROPAGATION UNIDIMENSIONNELLE LINÉAIRE NON DISPERSIVE. CÉLÉRITÉ, RETARD TEMPOREL.	- Écrire les signaux sous la forme $f(x - ct)$ et $g(x + ct)$. - Vérifier que $f(x - ct)$ et $g(x + ct)$ sont solutions de l'équation de d'Alembert. - Prévoir dans le cas d'une onde progressive pure l'évolution temporelle à position fixée, et prévoir la forme à différents instants.	-
ONDE PROGRESSIVE SINUSOÏDALE : DÉPHASAGE, DOUBLE PÉRIODICITÉ SPATIALE ET TEMPORELLE.	- Établir la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la célérité. - Citer quelques ordres de grandeur de fréquences dans les domaines acoustiques.	Fréquences audibles 50Hz-20kHz.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
VARIABLES COUPLÉES. IMPÉDANCE. COEFFICIENTS DE RÉFLEXION ET DE TRANSMISSION SUR UNE DISCONTINUITÉ.	• Savoir identifier des variables couplées et vérifier leur proportionnalité pour des ondes progressives. • Savoir calculer des coefficients de réflexion et de transmission à partir de relations de continuité.	Aucune expression d'impédance n'est à connaître par cœur.
INTERFÉRENCES ENTRE DEUX ONDES MÉCANIQUES DE MÊME FRÉQUENCE.	• Utilisation de la notation complexe. • Exprimer les conditions d'interférences constructives ou destructives. • Réflexion totale - Ondes stationnaires (nœuds ventres).	-
<u>NOTION DE MODES PROPRES :</u> SITUATION OÙ TOUS LES DEGRÉS DE LIBERTÉ ONT UNE ÉVOLUTION TEMPORELLE SINUSOÏDALE DE MÊME FRÉQUENCE. EXEMPLE DU MOUVEMENT HORIZONTAL DE DEUX MASSES ACCROCHÉES PAR DES RESSORTS LINÉAIRES SANS MASSE. GÉNÉRALISATION À PLUSIEURS DEGRÉS DE LIBERTÉ (N DEGRÉS DE LIBERTÉ = N MODES PROPRES). MODES PROPRES D'UNE CORDE FIXÉE À SES DEUX EXTRÉMITÉS OU D'UN TUYAU SONORE.	• Savoir que N degrés de liberté = N modes propres. • Savoir rechercher un mode propre à l'aide de la notation complexe. • Savoir exprimer la solution générale d'un régime libre comme combinaison linéaire de modes propres. • Savoir trouver les coefficients de la combinaison linéaire à l'aide des conditions initiales. • Savoir qu'une excitation sinusoïdale avec une fréquence égale à celle d'un mode propre génère un phénomène de résonance. • Recherche des modes propres en notation complexe	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
ANALYSE SPECTRALE.	• Savoir, par exemple, qu'une vibration quelconque d'une corde accrochée entre deux extrémités fixes se décompose en modes propres. • Spectre d'un signal. • Instruments de musique et sons.	• Un calcul des coefficients de Fourier sera largement guidé pour calculer les coefficients des harmoniques. • Aucune connaissance musicale n'est exigible. L'étudiant doit comprendre ce qui détermine la hauteur d'une note et le timbre d'un instrument.

3. ONDES SONORES DANS LES FLUIDES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
MISE EN ÉQUATIONS DES ONDES SONORES DANS L'APPROXIMATION ACOUSTIQUE.	-	Une linéarisation des équations d'Euler peut être présentée mais ne peut être exigible sans qu'elle soit largement guidée. Une approche de type "Lagrangienne" est à privilégier.
ASPECTS ÉNERGÉTIQUES : DENSITÉ VOLUMIQUE D'ÉNERGIE SONORE, VECTEUR DENSITÉ DE COURANT D'ÉNERGIE.	-	-
RÉFLEXION ET TRANSMISSION D'UNE ONDE SONORE PLANE PROGRESSIVE SOUS INCIDENCE NORMALE SUR UNE INTERFACE PLANE INFINIE ENTRE DEUX FLUIDES : COEFFICIENT DE RÉFLEXION ET DE TRANSMISSION DES VITESSES, DES SURPRESSIONS ET DES PUISSANCES SONORES.	-	La mémorisation des coefficients de passage n'est pas exigible.

4. DISPERSION - ABSORPTION :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
CETTE PARTIE INTRODUIT LES NOTIONS DE DISPERSION ET D'ABSORPTION.	
EXEMPLES DE SITUATION OÙ LA VITESSE DE PROPAGATION DÉPEND DE LA PULSATION DE L'ONDE. VITESSE DE PHASE. ÉTALEMENT D'UN PAQUET D'ONDES – VITESSE DE GROUPE.	• Distinguer les phénomènes de dispersion des phénomènes d'absorption. • On insiste sur l'intérêt de la décomposition en ondes planes $A \exp(j(\omega)t - kx)$ avec ω réel et k a priori complexe pour le traitement des phénomènes de propagation linéaires.

TRONC COMMUN : SEMESTRE 1 & 2 - EC1 & EC2 : ÉLECTRODINÉMIQUE

Le programme d'électrodynamique se découpe en 3 grandes parties :

- Étude du régime continu ;
- Étude des régimes transitoires du 1er et du 2nd ordre ;
- Étude du régime permanent sinusoïdal.
- Notion de filtrage.

PRÉREQUIS EN MATHS :

Résoudre un système d'équations linéaires (partie 1), équations différentielles du 1er ordre et du 2nd ordre à coefficients constants et second membre constant (parties 2 et 3), nombres complexes (partie 4 et 5).

1. ÉTUDE DES CIRCUITS LINÉAIRES EN RÉGIME CONTINU ET DANS L'ARQS.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
CHARGE ÉLECTRIQUE. COURANT ÉLECTRIQUE, INTENSITÉ DU COURANT.	• Savoir que la charge électrique est algébrique et quantifiée. • Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge. • Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence. • Relier la loi des nœuds au postulat de la conservation de la charge. • Citer les ordres de grandeur des intensités dans différents domaines d'application.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
POTENTIEL, DIFFÉRENCE DE POTENTIEL, TENSION. POTENTIEL DE RÉFÉRENCE, MASSE.	• Utiliser la loi d'additivité des tensions et la loi des mailles. • Citer les ordres de grandeur des tensions dans différents domaines d'application. • Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.
PUISSANCE ÉLECTRIQUE REÇUE ET PUISSANCE ÉLECTRIQUE FOURNIE. CLASSIFICATION DES DIPÔLES.	• Savoir calculer la puissance reçue et la puissance fournie par un dipôle. • Savoir la différence entre un dipôle récepteur et un dipôle générateur.
RÉSISTANCES. ASSOCIATION DE RÉSISTANCES.	• Loi d'Ohm • Citer des ordres de grandeurs de R. • Exprimer la puissance dissipée par effet Joule par une résistance. • Remplacer une association série ou parallèle de résistances par une résistance équivalente.
PONTS DIVISEURS DE TENSION ET DE COURANT.	• Établir et exploiter les relations de diviseurs de tension ou de courant.
SOURCES.	• Modéliser une source non idéale en utilisant la représentation de Thévenin ou de Norton. • Savoir associer des générateurs MET en série et des générateurs MEN en dérivation.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
RÉSISTANCE DE SORTIE. RÉSISTANCE D'ENTRÉE.	- Étudier l'influence de ces résistances sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre. - Évaluer les grandeurs à l'aide d'une notice ou d'un appareil afin d'appréhender les conséquences de leurs valeurs sur le fonctionnement d'un circuit.	A faire en TP, aucune connaissance n'est exigible sur ce sujet.
CARACTÉRISTIQUE D'UN DIPÔLE. POINT DE FONCTIONNEMENT.	- Étudier la caractéristique d'un dipôle pouvant être éventuellement non-linéaire. - Mettre en œuvre un capteur dans un dispositif expérimental.	A faire en TP, aucune connaissance n'est exigible sur ce sujet.
MÉTHODE GÉNÉRALE DE CALCUL : UTILISATION DES LOIS DE KIRCHHOFF. AUTRES THÉORÈMES ET TECHNIQUES DE CALCUL.	- Savoir déterminer le nombre minimal d'inconnues et savoir établir les relations nécessaires pour les trouver. - Savoir appliquer les théorèmes de Thévenin, Norton, Millman, superposition, loi de Pouillet. Savoir simplifier un circuit en utilisant l'association des dipôles et la transfiguration du circuit.	La méthode de résolution ne pourra pas être imposée pour la recherche d'un courant ou d'une tension. L'utilisation du théorème de Thévenin (et Norton) devra être guidée pour calculer les éléments de réduction du générateur équivalent. La méthode pour calculer E_{th} et R_{th} sera laissée libre. L'utilisation du théorème de Kennelly n'est pas exigible.

2. CIRCUIT LINÉAIRE DU 1ER ORDRE EN RÉGIME TRANSITOIRE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
BOBINE ET CONDENSATEUR.	- Utiliser les relations entre l'intensité et tension. - Citer des ordres de grandeurs des composants C et L. - Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine. - Connaître les grandeurs qui sont des fonctions continues du temps (courant d'une bobine et tension d'un condensateur). - Connaître le comportement d'une bobine, d'un condensateur en régime permanent continu.	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
CIRCUIT RC SÉRIE EN RÉGIME TRANSITOIRE, RÉPONSE À UN ÉCHELON.	• Distinguer, sur un relevé expérimental, régime transitoire et régime permanent au cours de l'évolution d'un système du premier ordre soumis à un échelon. • Interpréter et utiliser les continuités de tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité traversant une bobine. • Établir l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par une grandeur électrique dans un circuit comportant une ou deux mailles. • Déterminer analytiquement la réponse temporelle dans le cas d'un régime libre ou d'un échelon. • Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire. • Mettre en œuvre une démarche expérimentale autour des régimes transitoires du premier ordre. Confronter les résultats expérimentaux aux expressions théoriques. (TP)	• Équations différentielles du premier ordre à coefficients constants avec second membre constant. • Forme normalisée, constante de temps. • Solution générale de l'équation homogène, constante d'intégration. Solution particulière. Calcul de la constante d'intégration à partir des conditions initiales.
DIFFÉRENTS RÉGIMES D'UN CIRCUIT LINÉAIRE DANS L'ARQS.	• Reconnaître un circuit linéaire. Connaître les différents régimes : libre et forcé, transitoire et permanent, permanent continu et sinusoïdal. • Savoir reconnaître le nombre de variables nécessaires pour résoudre le problème • Savoir établir les relations nécessaires pour les calculer.	-
STOCKAGE ET DISSIPATION D'ÉNERGIE.	Réaliser des bilans énergétiques.	Intégrales simples.

3. CIRCUIT LINÉAIRE DU 2ND ORDRE EN RÉGIME TRANSITOIRE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
CIRCUIT RLC SÉRIE EN RÉGIME TRANSITOIRE, RÉPONSE À UN ÉCHELON.	• Analyser, sur des relevés expérimentaux, l'évolution de la forme des régimes transitoires en fonction des paramètres caractéristiques. • Prévoir l'évolution du système à partir de considérations énergétiques. • Lorsque la forme canonique est imposée, savoir identifier les paramètres de l'équation (pulsation propre, facteur de qualité, coefficient d'amortissement...). • Connaître la nature de la réponse en fonction de la valeur du facteur de qualité ou du discriminant. • Déterminer la réponse détaillée dans le cas d'un régime libre ou d'un système soumis à un échelon en recherchant les racines du polynôme caractéristique. • Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire, selon la valeur du facteur de qualité. • Mettre en œuvre une démarche expérimentale autour des régimes transitoires du second ordre (TP).	• Équations différentielles du second ordre à coefficients constants avec second membre constant. • Forme normalisée, facteur de qualité, pulsation propre, constante de temps. . . L'énoncé de l'exercice définira la forme normalisée souhaitée. • Solution générale de l'équation homogène, constantes d'intégration. Solution particulière. • Calcul des constantes d'intégration à partir des conditions initiales. Régime aperiodique, régime critique, régime pseudo-périodique. On pourra mettre en évidence la similitude des comportements des oscillateurs mécanique et électronique.
CAS PARTICULIER LIMITE : OSCILLATEUR HARMONIQUE NON AMORTI, CONSERVATION DE L'ÉNERGIE.	• Savoir interpréter la pulsation propre et les facteurs dont elle dépend. • Savoir que l'énergie est conservée.	-

4. CIRCUIT LINÉAIRE EN RÉGIME PERMANENT SINUSOÏDAL.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
OSCILLATIONS FORCÉES : ANALOGIES MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES. RÉGIME SINUSOÏDAL FORCÉ, IMPÉDANCES COMPLEXES.	Établir et connaître l'impédance d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine en régime sinusoïdal.	- Fonctions sinusoïdales du temps. Amplitude, pulsation, phase initiale. Décalage horaire et déphasage. - Somme de deux fonctions sinusoïdales de même pulsation.
ASSOCIATION D'IMPÉDANCES.	Remplacer une association série ou parallèle d'impédances par une impédance équivalente.	Calculs avec des nombres complexes. Passage de la forme algébrique à la forme exponentielle.
CALCULS DANS UN RÉSEAU LINÉAIRE EN RÉGIME SINUSOÏDAL.	Savoir appliquer les lois des circuits en notation complexe (loi des nœuds, loi des mailles, loi d'Ohm, etc.).	-
OSCILLATEUR ÉLECTRIQUE. RÉSONANCE.	- Utiliser la méthode des complexes pour étudier le régime forcé. - À l'aide d'un outil de résolution rôle du numérique, mettre en évidence le facteur de qualité pour l'étude de la résonance. - Relier l'acuité d'une résonance forte au facteur de qualité. - Déterminer la pulsation propre et le facteur de qualité à partir de graphes expérimentaux d'amplitude et de phase.	Un dispositif expérimental autour du phénomène de résonance pourra être présenté en TP
SIGNAUX PÉRIODIQUES.	- Savoir que l'on peut décomposer un signal périodique en une somme de fonctions sinusoïdales sans calculer les coefficients. - Définir la valeur moyenne et la valeur efficace. - Établir par le calcul la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.	-

5. FILTRES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
SIGNAUX PÉRIODIQUES.	• Savoir que l'on peut décomposer un signal périodique en une somme de fonctions sinusoïdales sans calculer les coefficients. • Définir la valeur moyenne et la valeur efficace. • Établir par le calcul la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.	• Fonctions sinusoïdales du temps. Amplitude, pulsation, phase initiale. Décalage horaire et déphasage. • Somme de deux fonctions sinusoïdales de même pulsation.
FONCTION DE TRANSFERT HARMONIQUE. DIAGRAMME DE BODE.	• Savoir établir une fonction de transfert d'ordre 1. • Savoir définir le type de filtre et sa bande passante à -3dB et sa pulsation de coupure. • Utiliser une fonction de transfert donnée et ses représentations graphiques pour conduire l'étude de la réponse d'un système linéaire à une excitation sinusoïdale, à une somme finie d'excitations sinusoïdales, à un signal périodique. • Interpréter qualitativement un diagramme de Bode réel : bande passante – bande atténuée • Prédire la nature du filtre avec son schéma équivalent (étude haute et basse fréquence).	-

TRONC COMMUN :

SEMESTRE 2 - EM1 : CHAMP ÉLECTROSTATIQUE ET MAGNÉTOSTATIQUE

Les capacités labellisée "non exigibles" dans la colonne "Remarques" sont des options pédagogiques relevant de la liberté pédagogique de l'enseignant. Ces notions ne pourront pas tomber au devoir commun.

PRÉREQUIS EN PHYSIQUE :

Force, PFD, travail d'une force et théorèmes énergétiques (M1), systèmes de coordonnées cylindriques et sphériques.

PRÉREQUIS EN MATHÉMATIQUE :

Éventuellement les intégrales multiples(mais on peut imaginer les introduire dans ce module).

1. CHAMP ÉLECTROSTATIQUE ET THÉORÈME DE GAUSS :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
CHARGE PONCTUELLE. LOI DE COULOMB. DISTRIBUTION DE CHARGES : LINÉIQUE, SURFACIQUE ET VOLUMIQUE.	• Connaître l'expression de la loi de Coulomb. • Calculer la charge totale d'une distribution.	• Élément de volume/surface/longueur infinitésimal en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques. • Intégrales curvilignes et multiples (on se limitera aux situations où l'intégrale multiple se réduit à un produit d'intégrales simples).
CHAMP ÉLECTROSTATIQUE CRÉÉ PAR UNE CHARGE PONCTUELLE. CARTOGRAPHIE DU CHAMP E CRÉÉ PAR UNE CHARGE PONCTUELLE. LIGNES DE CHAMP.	• Connaître et savoir retrouver l'expression du champ créé par une charge ponctuelle. Connaître ses caractéristiques (direction, sens, dépendance en $1/r^2$). • Savoir que le champ E diverge à partir d'une charge positive et converge vers une charge négative. • Connaître l'allure du spectre électrostatique d'une charge ponctuelle.	<u>Notion de champ</u> : fonction définie en un point de l'espace.
ADDITIVITÉ. PRINCIPE DE SUPERPOSITION. SYMÉTRIE / ANTISYMMÉTRIE.	• Calculer le champ créé par plusieurs charges ponctuelles. • Découverte (sur des cas simples) des règles de symétrie/antisymétrie qui lient les champs à leurs sources : → Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de charges. → Savoir que le champ électrique possède les mêmes plans de symétrie (d'antisymétrie) que la distribution. → Exploiter les invariances et les propriétés de symétrie des sources pour prévoir des propriétés du champ créé.	<u>Non exigible</u> : notion de vrai vecteur (ou vecteur polaire).

1. CHAMP ÉLECTROSTATIQUE ET THÉORÈME DE GAUSS :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
CHARGE PONCTUELLE. LOI DE COULOMB. DISTRIBUTION DE CHARGES : LINÉIQUE, SURFACIQUE ET VOLUMIQUE.	• Connaître l'expression de la loi de Coulomb. • Calculer la charge totale d'une distribution.	• Élément de volume/surface/longueur infinitésimal en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques. • Intégrales curvilignes et multiples (on se limitera aux situations où l'intégrale multiple se réduit à un produit d'intégrales simples).
CHAMP ÉLECTROSTATIQUE CRÉÉ PAR UNE CHARGE PONCTUELLE. CARTOGRAPHIE DU CHAMP E CRÉÉ PAR UNE CHARGE PONCTUELLE. LIGNES DE CHAMP.	• Connaître et savoir retrouver l'expression du champ créé par une charge ponctuelle. Connaître ses caractéristiques (direction, sens, dépendance en $1/r^2$). • Savoir que le champ E diverge à partir d'une charge positive et converge vers une charge négative. • Connaître l'allure du spectre électrostatique d'une charge ponctuelle.	<u>Notion de champ</u> : fonction définie en un point de l'espace.
ADDITIVITÉ. PRINCIPE DE SUPERPOSITION. SYMÉTRIE / ANTISYMMÉTRIE.	• Calculer le champ créé par plusieurs charges ponctuelles. • Découverte (sur des cas simples) des règles de symétrie/antisymétrie qui lient les champs à leurs sources : → Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de charges. → Savoir que le champ électrique possède les mêmes plans de symétrie (d'antisymétrie) que la distribution. → Exploiter les invariances et les propriétés de symétrie des sources pour prévoir des propriétés du champ créé.	<u>Non exigible</u> : notion de vrai vecteur (ou vecteur polaire).

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
NOTION DE POTENTIEL ÉLECTROSTATIQUE. ÉNERGIE ÉLECTROSTATIQUE.	• Connaître l'expression du potentiel créé par une charge ponctuelle. • Relier la différence de potentiel ΔV à la circulation de E (forme intégrale). • Connaître la relation $dV = -E \cdot d.C$ (forme locale). • Connaître l'expression de l'énergie potentielle électrostatique d'une charge soumise à la force électrique : $E_p = qV + Cte$. • Exploiter les invariances des sources pour prévoir des propriétés du potentiel créé. • Savoir que le potentiel électrique possède les mêmes plans de symétrie (d'antisymétrie) que la distribution. • Calculer le potentiel créé par une distribution de charges discrète.	Notion de circulation d'un champ de vecteur. <u>Non exigible</u> : → Calculs du champ E par sommation vectorielle pour des distributions continues. → Calculs du potentiel V par sommation pour des distributions continues hors-programme.
NOTION DE GRADIENT. INTERPRÉTATION GÉOMÉTRIQUE DU GRADIENT. ÉLÉMENTS D'ANALYSE DE CARTES DE CHAMPS E, V.	• Connaître l'expression de l'opérateur gradient en coordonnées cartésiennes. • Connaître les relations : $E = -\text{grad} V$ et $F = -\text{grad} E^p$. • Calculer le champ E créé par une distribution discrète ou continue par dérivation du potentiel V. • Savoir que le potentiel décroît le long d'une ligne de champ E. • Savoir que les surfaces équipotentiels sont orthogonales en tout point aux lignes de champ. • Relier l'évolution de l'écart entre les surfaces équipotentiels à l'évolution de l'intensité du champ E (exploiter la circulation de E).	<u>Non exigible</u> : introduction de l'opérateur nabla. • Notion de gradient d'une fonction scalaire : formule et interprétation géométrique (surface de niveau, orientation du vecteur). • Lien entre gradient et différentielle d'une fonction scalaire à plusieurs variables. Savoir que le gradient d'une fonction est orthogonal aux surfaces de niveau et est orienté dans le sens de croissance de la fonction.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
THÉORÈME DE GAUSS. CALCULS DE CHAMP.	• Connaître et utiliser le théorème de Gauss pour traiter les problèmes à haute symétrie. • Quelques exemples à savoir traiter (non exhaustif) : → <u>Distribution volumique</u> : boule, fil cylindrique infini, plan infini « épais ». → <u>Distribution surfacique</u> : sphère, cylindre infini (cylindre creux), plan infini, condensateur plan (par superposition). → <u>Distribution linéique</u> : fil infini.	Notion de flux d'un champ de vecteur. <u>Non exigible</u> : Savoir calculer div d'un champ vectoriel donné. Équation de Maxwell-Gauss.
TOPOGRAPHIE DU CHAMP E .	Relier l'évolution de l'écart des lignes de champ à l'évolution de l'intensité du champ E (exploiter la conservation du flux électrique en l'absence de charges).	-

2. MOUVEMENT D'UNE PARTICULE DANS LES CHAMPS E ET B UNIFORMES ET STATIONNAIRES.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
FORCE ÉLECTROSTATIQUE SUR UNE CHARGE PONCTUELLE. FORCE MAGNÉTOSTATIQUE SUR UNE CHARGE PONCTUELLE EN MOUVEMENT. TRAVAIL/PUISSANCE DE CES FORCES.	• Connaître l'expression de la force de Lorentz. • Savoir que la partie magnétique de la force de Lorentz ne travaille pas.	-
STOCKAGE ET DISSIPATION D'ÉNERGIE.	Réaliser des bilans énergétiques.	Intégrales simples.

3. CHAMP MAGNÉTOSTATIQUE ET THÉORÈME D'AMPÈRE.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
MODÉLISATION D'UNE DISTRIBUTION VOLUMIQUE DE COURANT. PASSAGE À LA MODÉLISATION LINÉIQUE.	Calcul de l'intensité courant à travers une surface.	Calcul de flux (on se limitera à des flux à travers des sections droites). <u>Non exigible</u> : distributions surfaciques de courants.
SYMÉTRIE / ANTISYMETRIE.	• Découverte (sur des cas simples) des règles de symétrie/antisymétrie qui lient les champs à leurs sources : → Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de courants. → Exploiter les propriétés de symétrie les invariances des sources pour prévoir des propriétés du champ créé. • Savoir que les propriétés de symétrie (d'antisymétrie) de la distribution de courants se traduisent par des propriétés d'antisymétrie (de symétrie) du champ B créé.	<u>Non exigible</u> : notion de pseudo-vecteur (ou vecteur axiale).
THÉORÈME D'AMPÈRE.	Calculer la circulation du champ B . • Connaître et utiliser le théorème d'Ampère pour traiter les problème à haute symétrie. • Quelques exemples à savoir traiter (non exhaustif) : → fil rectiligne infini ; → fil cylindrique infini ; → solénoïde infini. La nullité du champ l'infini sera admise.	<u>Non exigible</u> : Loi de Biot et Savart. Savoir calculer rot d'un champ vectoriel donné. Équation de Maxwell-Ampère.
TOPOGRAPHIE DU CHAMP B	• Savoir que les lignes de champ B enlacent les fils parcourus par des courants. • Prévoir la direction et le sens du champ B connaissant l'orientation du courant (règle de la main droite). • Relier l'évolution de l'écart entre les lignes de champ à l'évolution de l'intensité du champ B (conservation du flux magnétique).	-

TRONC COMMUN : SEMESTRE 1 & 2 - TH1 & TH2 : THERMODYNAMIQUE

PRÉREQUIS EN MATHÉMATIQUE :

Fonctions à plusieurs variables - Différentielle d'une fonction à plusieurs variables.

1. DESCRIPTIONS MICROSCOPIQUE ET MACROSCOPIQUE D'UN SYSTÈME À L'ÉQUILIBRE

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
SYSTÈMES THERMODYNAMIQUES ÉTATS MICROSCOPIQUES, ÉTATS MACROSCOPIQUES : PASSAGE FONDAMENTAL D'UNE RÉALITÉ MICROSCOPIQUE À DES VARIABLES D'ÉTAT MACROSCOPIQUES GRANDEUR EXTENSIVE, GRANDEUR INTENSIVE.	• Identifier un système ouvert, un système fermé, un système isolé. • Savoir que pour tout système fermé, composé d'un corps pur monophasé, seuls deux paramètres d'état sont nécessaires pour décrire l'évolution macroscopique du système.	-
ÉCHELLES MICROSCOPIQUE, MÉSOACOPIQUE, ET MACROSCOPIQUE.	Définir l'échelle mésoscopique et en expliquer la nécessité.	<u>Notion de champ</u> : fonction définie en un point de l'espace.
DEUX GRANDEURS STATISTIQUES : LA TEMPÉRATURE ET LA PRESSION. UTILISATION DU MODÈLE DU GAZ PARFAIT (AVEC UNE DISTRIBUTION DES VITESSES TRÈS SIMPLIFIÉE) POUR DÉFINIR LA PRESSION CINÉTIQUE ET LA TEMPÉRATURE CINÉTIQUE. ÉQUATION D'ÉTAT.	• Savoir utiliser un modèle élémentaire où les particules ont toutes la même vitesse en norme (=vitesse quadratique moyenne) et ne se déplacent que dans les deux sens de trois directions orthogonales privilégiées. • Savoir établir l'expression de la pression (en fonction de la masse des particules, de la densité particulaire et de la vitesse quadratique moyenne au carré). • Savoir utiliser les mêmes techniques de calculs pour des exercices de type fuite par un trou. • Connaître et utiliser l'équation d'état des gaz parfaits	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
ÉTAT D'ÉQUILIBRE D'UN SYSTÈME SOUMIS AUX SEULES FORCES DE PRESSION. PAROIS ATHERMANES OU DIATHERMANES.	• Calculer une pression à partir d'une condition d'équilibre mécanique. • Dédire une température d'une condition d'équilibre thermique.	-
DU GAZ RÉEL AU GAZ PARFAIT. EXEMPLE DES GAZ DE VAN DER WAALS.	• Comparer le comportement d'un gaz réel au modèle du gaz parfait sur des réseaux d'isothermes expérimentales en coordonnées de Clapeyron. • Connaître l'origine physique des termes correctifs pour les gaz de Van der Waals.	Il faudra introduire à ce stade les fonctions à plusieurs variables et la différentielle d'une fonction à plusieurs variables.
COEFFICIENTS THERMOÉLASTIQUES APPROXIMATION DES PHASES CONDENSÉES PEU COMPRESSIBLES ET PEU DILATABLES.	• Calculer des petites variations connaissant la valeur des coefficients thermoélastiques (la définition des coefficients n'est pas à savoir par cœur). Il faudra savoir utiliser les petites variations et le passage aux dérivées partielles.	• Savoir trouver une fonction $f(x, y, z)$ connaissant ses dérivées partielles. • Notion de fonctions implicites.
ÉNERGIE INTERNE D'UN SYSTÈME. CAPACITÉ THERMIQUE À VOLUME CONSTANT DANS LE CAS DU GAZ PARFAIT.	• Exprimer l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique à partir de l'interprétation microscopique de la température. • Savoir que $U = U(T)$ pour un gaz parfait.	-
ÉNERGIE INTERNE ET CAPACITÉ THERMIQUE À VOLUME CONSTANT D'UNE PHASE CONDENSÉE CONSIDÉRÉE INCOMPRESSIBLE ET INDILATABLE.	Savoir que $U = U(T)$ pour une phase condensée incompressible et indilatable.	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
CORPS PUR DIPHASÉ EN ÉQUILIBRE. DIAGRAMME DE PHASES (P, T). CAS DE L'ÉQUILIBRE LIQUIDE-VAPEUR : DIAGRAMME DE CLAPEYRON (P, V), TITRE EN VAPEUR.	• Analyser un diagramme de phase expérimental (P, T). • Positionner les phases dans les diagrammes (P, T) et (P, v). • Déterminer la composition d'un mélange diphasé en un point d'un diagramme (P, v). • L'allure des transformations usuelles (isobares, isochores, isothermes ou adiabatiques) peut être demandée dans un diagramme (P, v).	-
ÉQUILIBRE LIQUIDE-VAPEUR DE L'EAU EN PRÉSENCE D'UNE ATMOSPHÈRE INERTE.	• Connaître la notion de pression partielle • Aborder la distinction entre l'évaporation et l'ébullition	Il faudra introduire à ce stade les fonctions à plusieurs variables et la différentielle d'une fonction à plusieurs variables.

2. ÉNERGIE ÉCHANGÉE PAR UN SYSTÈME AU COURS D'UNE TRANSFORMATION :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
TRANSFORMATION THERMODYNAMIQUE SUBIE PAR UN SYSTÈME.	• Définir le système. • Exploiter les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final. • Transformations brutales et transformations quasi-statiques. • Utiliser le vocabulaire usuel : évolutions isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme. • Les transformations monobare ou monotherme signifient seulement que P_{ext} ou T_{ext} sont constants au cours de la transformation mais ne présupposent pas que $P_i = P_f$ ou $T_i = T_f$ pour le système.
TRAVAIL DES FORCES DE PRESSION.	Savoir calculer le travail dans deux cas : • Au cours d'une transformation quasi-statique par découpage en travaux élémentaires et sommation sur un chemin (isochore, isobare, isotherme) donné dans le cas d'une seule variable. • Au cours d'une transformation brutale pour laquelle le milieu extérieur exerce une pression P_{ext} constante Interpréter géométriquement le travail des forces de pression dans un diagramme de Clapeyron.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
TRANSFERT THERMIQUE. TRANSFORMATION ADIABATIQUE. THERMOSTAT.	Distinguer qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement. Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat.	-
ÉQUILIBRE LIQUIDE-VAPEUR DE L'EAU EN PRÉSENCE D'UNE ATMOSPHÈRE INERTE.	• Connaître la notion de pression partielle • Aborder la distinction entre l'évaporation et l'ébullition	Il faudra introduire à ce stade les fonctions à plusieurs variables et la différentielle d'une fonction à plusieurs variables.

3. PREMIER PRINCIPE. BILANS D'ÉNERGIE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE $\Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p = Q + W$	• Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir travail W et transfert thermique Q. • Exploiter l'extensivité de l'énergie interne. Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange. • Calculer le transfert thermique Q sur un chemin donné connaissant le travail W et la variation de l'énergie interne ΔU.	Il faudra introduire les formes différentielles et différentielles exactes.
ENTHALPIE D'UN SYSTÈME. CAPACITÉ THERMIQUE À PRESSION CONSTANTE DANS LE CAS DU GAZ PARFAIT ET D'UNE PHASE CONDENSÉE INCOMPRESSIBLE ET INDILATABLE.	• Exprimer l'enthalpie $H(T)$ du gaz parfait à partir de l'énergie interne. • Comprendre pourquoi l'enthalpie H d'une phase condensée peu compressible et peu dilatable peut être considérée comme une fonction de l'unique variable T. • Exprimer le premier principe sous forme de bilan d'enthalpie dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre mécanique dans l'état initial et dans l'état final.	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
ENTHALPIE ASSOCIÉE À UNE TRANSITION DE PHASE : ENTHALPIE DE FUSION, ENTHALPIE DE VAPORISATION, ENTHALPIE DE SUBLIMATION.	Exploiter l'extensivité de l'enthalpie et réaliser des bilans énergétiques en prenant en compte des transitions de phases.	-

4. SECOND PRINCIPE. BILANS D'ENTROPIE

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
SECOND PRINCIPE : FONCTION D'ÉTAT ENTROPIE, ENTROPIE CRÉÉE, ENTROPIE ÉCHANGÉE. $\Delta S = S_{\text{éch}} + S_{\text{créée}}$ avec : $S_{\text{éch}} = \frac{T_{\text{source}}}{\delta Q}$	Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan entropique. Relier l'existence d'une entropie créée à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité. • Calculer $S_{\text{éch}}$ dans le cas où les échanges de chaleur se font uniquement lors de mise en contact avec des thermostats : $S_{\text{éch}} = \frac{Q_i}{T_i}$ • Utiliser l'identité thermodynamique un pour obtenir l'expression de ΔS pour GP et une phase condensée idéale. On donnera cependant les résultats pour la poursuite des exercices (Formulation du type "montrer que.."). Exploiter l'extensivité de l'entropie.	-
LOI DE LAPLACE	Connaître la loi de Laplace et ses conditions d'application.	-
CAS PARTICULIER D'UNE TRANSITION DE PHASE.	• Connaître et utiliser la relation entre les variations d'entropie et d'enthalpie associées à une transition de phase : $\Delta h_{12}(T) = T \Delta s_{12}(T)$	-

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
APPLICATION DU PREMIER PRINCIPE ET DU DEUXIÈME PRINCIPE AUX MACHINES THERMIQUES CYCLIQUES DITHERMES : RENDEMENT, EFFICACITÉ, THÉORÈME DE CARNOT.	Exploiter l'extensivité de l'enthalpie et réaliser des bilans énergétiques en prenant en compte des transitions de phases.	• Donner le sens des échanges énergétiques pour un moteur ou un récepteur thermique ditherme. • Analyser un dispositif concret et le modéliser par une machine cyclique ditherme. • Définir un rendement et une efficacité et la relier aux énergies échangées au cours d'un cycle. Justifier et utiliser le théorème de Carnot. • Connaître le cycle de Carnot et son diagramme en coordonnées P,V et T,S. On devra guider l'étudiant et préciser Tc et Tf pour la comparaison avec le cycle ou l'efficacité de Carnot. • Citer quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles.

TRONC COMMUN :

SEMESTRE 4 - TH3 : SYSTÈMES OUVERTS - DIFFUSION DE PARTICULES ET DIFFUSION THERMIQUE.

PRÉREQUIS EN MATHS :

- Outils mathématiques : dérivées partielles, opérateurs différentiels et notation complexe.

PRÉREQUIS EN PHYSIQUE :

Thermodynamique (1A), ondes mécaniques (S3).

1ER PRINCIPE POUR LES SYSTÈMES OUVERTS (≈ 10H)

1. SYSTÈMES OUVERTS

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
CHARGE ÉLECTRIQUE. COURANT ÉLECTRIQUE, INTENSITÉ DU COURANT.	• Utiliser le 1er principe dans un écoulement stationnaire sous la forme $\Delta(h + em) = wu + q$ pour étudier une machine thermique. • On se limitera à l'utilisation d'abaques pour calculer les différentes grandeurs. • Savoir utiliser le théorème des moments dans le diagramme (T, s), (P, h) et (P, v). • En aucun cas l'allure des différentes transformations n'est à connaître dans tous les systèmes de coordonnées.

DIFFUSION DE PARTICULES ET CONDUCTION (= DIFFUSION) THERMIQUE (≈ 15H)

Cette partie traite des phénomènes diffusifs qui contrairement aux phénomènes de propagation sans amortissement sont des phénomènes irréversibles et par opposition aux phénomènes de convection sont des transports efficaces aux temps courts.

On s'appliquera donc à mettre en évidence la non symétrie par renversement du temps pour chaque exemple traité et une analyse en ordre de grandeur chaque fois que la situation s'y prête.

La transversalité des phénomènes de diffusion (thermique, particules, électrocinétique et électromagnétisme, hydrodynamique voire mécanique quantique) permet de faire des analogies et de montrer, comme pour le cas des ondes, que la compréhension d'un phénomène physique peut permettre son extension à d'autres domaines.

Remarques générales : Les démonstrations se feront dans le cas unidimensionnel et seront étendues au cas tridimensionnel à l'aide des opérateurs divergence et laplacien, dont on admettra les expressions dans les coordonnées cylindriques et sphériques.

Les opérateurs divergence et laplacien seront exigibles en coordonnées cartésiennes uniquement et seront fournis dans les autres systèmes de coordonnées. On pourra rappeler le pouvoir mnémotechnique de l'opérateur cartésiennes.

La diffusion de particules pourra être traitée en premier car la notion de flux associé y est plus intuitive.

2. DIFFUSION DE PARTICULES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
MODES DE TRANSPORT.	Distinguer le transport de matière par diffusion de celui par convection.
DÉBIT DE PARTICULES.	Définir le débit de particules traversant une section S.
DENSITÉ PARTICULAIRE ET NOTION D'ÉQUILIBRE THERMODYNAMIQUE LOCAL.	Connaître la différence entre un volume mésoscopique où il y a équilibre thermodynamique local et un volume macroscopique où le système est faiblement hors équilibre.
VECTEUR DENSITÉ DE COURANT DE PARTICULES $\mathbf{J}_N$.	Définir $\mathbf{j}_N$ et savoir le relier au flux (=débit) de particules.
LOI DE FICK.	• Connaître la loi de Fick dans le cas 3D. Utiliser la loi de Fick en géométrie cartésienne, cylindrique ou sphérique. • Coefficient de diffusion. Savoir retrouver son unité par calcul dimensionnel.
BILANS DE PARTICULES. CONSERVATION DE LA MATIÈRE.	• Utiliser la notion de flux pour traduire un bilan global de particules. • Établir une équation traduisant un bilan local dans le cas unidimensionnel, ou pour des géométries à symétries sphériques ou cylindriques (variable r uniquement), éventuellement en présence de sources internes. • Connaître l'équation locale de conservation de la matière à 3D.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
ÉQUATION DE DIFFUSION EN L'ABSENCE OU PRÉSENCE DE SOURCES INTERNES. IRRÉVERSIBILITÉ.	- Établir une équation de la diffusion dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. - Connaître l'équation de diffusion à 3D. - Analyser une équation de diffusion sans source en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiales et temporelles.	-
CONDITION AUX LIMITES (CL).	Exploiter la continuité de la densité particulaire ou du flux de particules (débit) pour expliciter une condition aux limites.	Ex : Contact avec un réservoir, paroi imperméable, diffusion entre 2 milieux de diffusivités différentes.
RÉGIMES STATIONNAIRES/ARQS.	- Résoudre l'équation de diffusion en régime stationnaire en appliquant les CL. - Utiliser la conservation du flux sous forme locale ou globale en l'absence de source interne. Faire le lien avec la loi des nœuds en électrocinétique. - Comparer le temps caractéristique d'évolution des sources ou des CL avec le temps caractéristique de diffusion pour valider l'hypothèse d'ARQS.	La résolution de l'équation de diffusion en régime variable devra être guidée.

2. DIFFUSION DE PARTICULES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
LES DIFFÉRENTS MODES DE TRANSFERT THERMIQUE.	Citer les 3 modes de transfert thermique (diffusion, convection et rayonnement).
VECTEUR DENSITÉ DE COURANT THERMIQUE $\mathbf{j}_Q$.	- Exprimer le flux thermique à travers une surface en utilisant le vecteur $\mathbf{j}_Q$. - Lier le flux thermique à la puissance thermique traversant la surface.
TEMPÉRATURE ET NOTION D'ÉQUILIBRE THERMODYNAMIQUE LOCAL.	Connaître la différence entre un volume mésoscopique où il y a équilibre thermodynamique local et un volume macroscopique où le système est faiblement hors équilibre.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
BILANS D'ÉNERGIE. CONSERVATION DE L'ÉNERGIE.	• Utiliser le premier principe dans le cas d'un milieu solide pour établir une équation locale dans le cas unidimensionnel, ou pour des géométries à symétries sphériques ou cylindriques (variable r uniquement) éventuellement en présence de sources internes. • Connaître l'équation locale de conservation de l'énergie à 3D.
LOI DE FOURIER.	• Connaître la loi de Fourier dans le cas 3D. • Utiliser la loi de Fourier en géométrie cartésienne, cylindrique ou sphérique.
ÉQUATION DE LA DIFFUSION THERMIQUE EN L'ABSENCE OU PRÉSENCE DE SOURCES INTERNES	• Établir une équation de la diffusion dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. • Connaître l'équation de diffusion à 3D. Analyser une équation de diffusion en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle.
CONDITIONS AUX LIMITES. LOI DE NEWTON.	• Exploiter la continuité de la température pour un contact thermique parfait. Exploiter la continuité du flux (= puissance) thermique dans les autres cas. • Exploiter la loi de Newton pour exprimer la puissance thermique cédée par un solide à une interface solide/fluide. Exploiter la conservation du flux et la loi de Newton pour expliciter une condition à une limite solide/fluide.
RÉGIMES STATIONNAIRES ET ARQS. NOTION DE RÉSISTANCE THERMIQUE.	• Utiliser la conservation du flux sous forme locale ou globale en l'absence de source interne. • Mettre en évidence un temps caractéristique d'évolution de la température pour justifier l'ARQS. • Définir la notion de résistance thermique par analogie avec l'électrocinétique. • Établir, dans le cas unidimensionnel, l'expression d'une résistance thermique : - D'un solide. - D'une interface solide-fluide. Utiliser des associations de résistances thermiques.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
ONDES THERMIQUES.	Savoir établir la relation de dispersion (la forme en pseudo-OPPH avec k complexe étant donnée). Distance d'atténuation.	La résolution de l'équation de la chaleur en régime variable devra être guidée.
RAYONNEMENT THERMIQUE : APPROCHE DESCRIPTIVE DU RAYONNEMENT DU CORPS NOIR : LOI DE WIEN, LOI DE STEFAN.	Utiliser les expressions fournies des lois de Wien et de Stefan pour expliquer qualitativement l'effet de serre.	-

TRONC COMMUN : SEMESTRE 1 & 2 - M1 & M2 : MÉCANIQUE DU POINT ET DU SOLIDE

Remarque : La dynamique en référentiels non galiléen est hors programme.

PRÉREQUIS EN PHYSIQUE :

Aucun. Les notions doivent être reprises depuis la statique.

1. PRÉLIMINAIRES MATHÉMATIQUES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
MANIPULATION DES VECTEURS.	• Savoir projeter un vecteur suivant un système d'axes. • Savoir exprimer les composantes d'un vecteur dans une BOND. • Savoir utiliser la notation colonne. • Savoir calculer un produit scalaire. • Relation entre norme d'un vecteur et produit scalaire. • Relation entre composantes d'un vecteur et produit scalaire. • Savoir calculer un produit vectoriel. • Règle des 3 doigts de la main droite. • Règles des produits scalaires et vectoriels (distributivité, commutativité/anti-commutativité, linéarité, multiplication par un scalaire...).	La résolution de l'équation de la chaleur en régime variable devra être guidée.

2. CINÉMATIQUE DU POINT MATÉRIEL :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
CINÉMATIQUE ET RELATIVITÉ DU MOUVEMENT / OBSERVATEUR REPÈRES ET RÉFÉRENTIELS VECTEURS LIÉS.	• Saisir la notion de relativité d'un mouvement par rapport à l'observateur. • Connaître la définition d'un référentiel, et comment le construire.
VITESSE ET ACCÉLÉRATION.	Connaître la définition de la vitesse faisant intervenir le vecteur position et un référentiel.
DÉRIVATION TEMPORELLE DES VECTEURS.	• Savoir dériver temporellement un vecteur. • Comprendre la notion de position angulaire et de vitesse de rotation. • Notion de vecteur rotation $\vec{\Omega}$
LES SYSTÈMES DE COORDONNÉES (CARTÉSIENNES, CYLINDRIQUES, SPHÉRIQUES).	• Établir les expressions des composantes du vecteur-position, du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération dans le seul cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques. • Les expressions en coordonnées sphériques seront données. • Choisir un système de coordonnées adapté au problème posé.
COORDONNÉES INTRINSÈQUES (BASE DE FRENET).	• Identifier les liens entre les composantes du vecteur-accélération, la courbure de la trajectoire, la norme du vecteur-vitesse et sa variation temporelle. • Situer qualitativement la direction du vecteur-accélération dans la concavité d'une trajectoire plane.
EXEMPLES DE MOUVEMENTS (PARABOLE, MOUVEMENT CIRCULAIRE).	• Savoir résoudre le problème du point matériel uniformément accéléré. • Savoir résoudre le problème du point matériel en rotation (trajectoire circulaire).

3. CHANGEMENTS DE RÉFÉRENTIEL EN MÉCANIQUE CLASSIQUE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
COMPOSITION DES VITESSES ($\vec{V}_A = \vec{V}_R + \vec{V}_E$)	Savoir composer les vitesses et les accélérations dans le cas 2D.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
COMPOSITIONS DES ACCÉLÉRATIONS ($a_a = a_r + a_e + a_c$)	• Cas de deux référentiels en translation rectiligne uniforme l'un par rapport à l'autre + un point matériel mobile. • Cas d'un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe. <u>Remarque</u> : Les expressions de la vitesse d'entraînement, de l'accélération d'entraînement et de l'accélération de Coriolis seront toujours données dans le cas général. Elles devront être simplifiées par l'étudiant dans la situation physique proposée.

4. DYNAMIQUE DU POINT MATÉRIEL :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
LES TROIS LOIS DE NEWTON. NOTION DE FORCE. NOTION DE RÉFÉRENTIEL GALILÉEN.	• Notion de point d'application. • Établir un bilan des forces sur un point matériel et en rendre compte sur une figure. • Connaître les deux types d'interactions (à distance et de contact).
QUANTITÉ DE MOUVEMENT D'UN POINT MATÉRIEL	• Savoir formuler la deuxième loi de Newton en faisant intervenir la quantité de mouvement $\vec{p}$. • Les situations à masse variable sont hors programme.
DESCRIPTIONS DE DIFFÉRENTES INTERACTIONS (RÉSULTANTE, POINT D'APPLICATION) : • INTERACTIONS À DISTANCE : INTERACTION GRAVITATIONNELLE. • INTERACTIONS DE CONTACT : ACTION D'UN RESSORT, ACTION D'UNE CORDE, RÉACTION D'UN PLAN (COMPOSANTE NORMALE ET TANGENTIELLE, LOIS DE COULOMB).	• Savoir identifier les forces intervenant dans un problème mettant en jeu un point matériel (ou bien un solide en translation), les représenter (résultantes et points d'application), écrire le principe fondamental de la dynamique et le projeter dans le repère adapté. Les situations gravitationnelles sont hors programme (satellites, mouvement de la Terre, ...). Seul le cas du poids sera traité en exercice. • Savoir exploiter les lois de Coulomb dans les trois situations : équilibre, mise en mouvement, freinage. Remarque : On considérera dans les exercices que les f_s et f_d sont égaux.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
IMPORTANCE DE LA TROISIÈME LOI DE NEWTON DANS LE CAS DE PLUSIEURS OBJETS INTERAGISSANT (POINTS MATÉRIELS OU SOLIDES EN TRANSLATION).	-

5. ÉNERGÉTIQUE DU POINT MATÉRIEL

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
DÉPLACEMENT ÉLÉMENTAIRE.	• Exprimer à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées, construire le trièdre local associé et en déduire les composantes du vecteur-vitesse en coordonnées cartésiennes et cylindriques. • Le déplacement élémentaire en sphérique sera toujours donné.
PUISSANCE ET TRAVAIL D'UNE FORCE.	Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force. Savoir que la puissance dépend du référentiel.
• LOI DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE ET LOI DE LA PUISSANCE CINÉTIQUE DANS UN RÉFÉRENTIEL GALILÉEN. • LOI DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE ET LOI DE LA PUISSANCE MÉCANIQUE DANS UN RÉFÉRENTIEL GALILÉEN.	Utiliser la loi appropriée en fonction du contexte.
• ÉNERGIE POTENTIELLE. ÉNERGIE MÉCANIQUE. FORCES CONSERVATIVES ET NON CONSERVATIVES.	• Savoir reconnaître une force conservative et calculer son énergie potentielle associée. • Établir et connaître les expressions des énergies potentielles de pesanteur (champ uniforme), énergie potentielle élastique.

6. OSCILLATEUR À UN DEGRÉ DE LIBERTÉ :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
OSCILLATEUR AMORTI ET NON AMORTI, EN RÉGIME LIBRE OU FORCÉ SINUSOÏDAL. APPLICATIONS À LA MÉCANIQUE DU POINT : CAS DU PENDULE PESANT ET DU SYSTÈME MASSE-RESSORT.	• Savoir reconnaître l'équation d'un oscillateur lors de la mise en équation d'un système mécanique. Savoir prévoir son régime et le décrire.

7. ÉNERGÉTIQUE DU POINT MATÉRIEL :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
MISE EN PLACE DES DIFFÉRENTS CONCEPTS LIÉS À LA ROTATION PAR ANALOGIE AVEC LA TRANSLATION . MISE EN ÉQUATION DU PENDULE SIMPLE PARTIR DU À THÉORÈME DU MOMENT CINÉTIQUE. LOI DE TRANSPORT DU MOMENT CINÉTIQUE ET DU MOMENT D'UNE FORCE.	• Relier la direction et le sens du vecteur moment cinétique aux caractéristiques du mouvement. • Maîtriser le caractère algébrique du moment cinétique scalaire. • Calculer le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier. • Établir l'équation du mouvement du pendule simple. Expliquer l'analogie avec l'équation de l'oscillateur harmonique.

8. CINÉMATIQUE DU SOLIDE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
RAPPELS SUR LA ROTATION DE LA FORMULE DE VARIGNON À LA LOI DE TRANSPORT DES VITESSES. COMPOSITION DES VECTEURS ROTATION CONDITIONS DE ROULEMENT SANS GLISSEMENT.	• Connaître la loi de transport des vitesses dans un solide. • Retour sur le champ de vitesses d'un solide en rotation autour d'un axe fixe. • Connaître la condition de roulement sans glissement, les deux solides pouvant être en mouvement.

8. CINÉTIQUE DU SOLIDE :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
• CENTRE D'INERTIE : SYSTÈME DE POINTS, GÉNÉRALISATION AU SOLIDE. • MOMENT D'INERTIE AUTOUR D'UN AXE : SYSTÈME DE POINTS, GÉNÉRALISATION AU SOLIDE. RAPPEL : LOI DE TRANSPORT DU MOMENT CINÉTIQUE.	• Savoir déterminer le centre d'inertie d'un solide. • Savoir déterminer le moment d'inertie. • Exemples de moments d'inertie calculs de moments d'inertie. Les matrices d'inertie sont hors programme. • Savoir exprimer le moment cinétique à l'aide du moment d'inertie (proportionnalité).
THÉORÈME DE HUYGENS (DES AXES PARALLÈLES) . EXEMPLE D'APPLICATION.	Savoir utiliser le théorème de Huygens.

9. PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE APPLIQUÉ AUX SOLIDES :

On se limitera à un mouvement plan avec une rotation d'axe perpendiculaire à ce plan.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
<u>STATIQUE.</u> ÉQUILIBRE NÉCESSITE LA SOMME DES FORCES NULLES ET LA SOMME DES MOMENTS NULS. <u>ACTION D'UN EFFORT SUR UN SOLIDE</u> : PAIRE FORCE/MOMENT. CONCEPT DE LIAISON DANS UN <u>CAS SIMPLE</u> : LIAISON PIVOT PARFAIRE.	• Les situations conduiront à des projections dans un plan. Seules des forces ponctuelles sont considérés. • Savoir faire le bilan des forces ponctuelles s'exerçant sur un solide, exprimer la force résultante, le moment en un point. • Savoir introduire les efforts dues à une liaison en tant qu'inconnues dans les équations de l'équilibre statique et résoudre.	-
<u>DYNAMIQUE.</u> THÉORÈME DU MOMENT CINÉTIQUE ET DE LA RÉSUŁTANTE DYNAMIQUE POUR UN SOLIDE EN 2D, À PARTIR DE CE QUI A ÉTÉ FAIT POUR LES SYSTÈMES DE POINTS MATÉRIELS (GÉNÉRALISATION À UNE DISTRIBUTION CONTINUE DE MASSE). THÉORÈME DU MOMENT CINÉTIQUE : RESTRICTION AUX CAS OÙ LA FORME : $\vec{L} = J \vec{\Omega} \text{ ou } \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$ EST VALABLE (CAS DE L'AXE FIXE, DE L'AXE PASSANT PAR G GÉNÉRALISATION À L'AXE MOBILE EN PASSANT PAR LA LOI DE TRANSPORT).	• Seuls des mouvements dans le plan et des forces ponctuelles sont considérés. • Savoir écrire le théorème du moment cinétique en un point quelconque (fixe, mobile et restreint à G), et le théorème de la résultante dynamique. • L'étudiant a alors en main tous les outils pour gérer problèmes impliquant les combinaisons de rotations et de translations dans les systèmes de solides en mouvement dans un plan. Exemples : le yoyo, le vélo ou l'automobile, l'effet rétro, étude d'un palan, étude des petites oscillations d'un demi cylindre autour de sa position d'équilibre...	On n'introduit pas de torseurs qui sont hors programme. Le théorème du moment cinétique a été introduit naturellement dans le chapitre précédent dans le cas d'un axe fixe. On pourra donner des formules, sans démonstration, pour généraliser (rotation autour du centre d'inertie, puis autour d'un axe non-fixe en général par la loi de transport).

8. ÉNERGÉTIQUE DU SOLIDE :

Aucune démonstration de cours n'est exigible.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
ÉNERGIE CINÉTIQUE – ÉNERGIE CINÉTIQUE BARYCENTRIQUE. ÉNERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR ET ÉLASTIQUE.	On se limite à une situation à un seul solide en prenant en compte la rotation de celui-ci par rapport à un axe perpendiculaire.
TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE	La puissance d'une force prend en compte la rotation du système : $P = \vec{F} \cdot \vec{v} + \vec{\Gamma} \cdot \vec{\Omega}$
LOI DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE ET LOI DE LA PUISSANCE CINÉTIQUE DANS UN RÉFÉRENTIEL GALILÉEN. LOI DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE ET LOI DE LA PUISSANCE MÉCANIQUE DANS UN RÉFÉRENTIEL GALILÉEN.	Utiliser la loi appropriée en fonction du contexte.

TRONC COMMUN : SEMESTRE 3 - M3 : MÉCANIQUE DES FLUIDES

La mécanique des fluides est un enseignement conçu comme une initiation de telle sorte que de nombreux concepts (écoulement laminaire, couche limite, vecteur tourbillon, nombre de Reynolds...) sont introduits de manière élémentaire. Toute extension du programme vers les cours spécialisés doit être évitée: par exemple l'approche lagrangienne, la fonction de courant, le potentiel complexe, l'étude locale du champ des vitesses, la relation de Bernoulli pour des écoulements compressibles ou instationnaires, le théorème de Reynolds et le théorème d'Euler sont hors programme. Enfin, la capillarité ne sera pas abordée. La partie approche énergétique a pour objectif d'effectuer des bilans de grandeurs extensives thermo- dynamiques et mécaniques.

PRÉREQUIS EN PHYSIQUE :

Mécanique du point et du solide indéformable.

PRÉREQUIS EN MATHÉMATIQUES :

Opérateurs vectoriels, différentielles, Fonctions à plusieurs variables.

7. ÉNERGÉTIQUE DU POINT MATÉRIEL :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
PARTICULES DE FLUIDES.	Définir la particule de fluide comme un système mésoscopique de masse constante.
MASSE VOLUMIQUE P.	Citer des ordres de grandeur des masses volumiques de l'eau et de l'air dans les conditions usuelles.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
FORCES VOLUMIQUES EXERCÉES SUR PARTICULE DE FLUIDE.	Exprimer la force volumique $\vec{f}_v = \frac{d\vec{F}}{d\tau}$ due aux interactions à distance	Exemple force volumique de pesanteur : $\vec{f}_v = \rho \vec{g}$ Pour toute autre force volumique, issue par exemple d'une force d'inertie, l'expression sera donnée.
FORCES SURFACIQUES EXERCÉES SUR UNE PARTICULE DE FLUIDE FORCES DE PRESSION : $d\vec{F} = -P(M) d\vec{S}$	Établir l'expression volumique de cette force : $\vec{f}_v = \frac{d\vec{F}}{d\tau} = -\vec{\text{grad}}P$	En statique de fluide, la force tangentielle est nulle. L'expression volumique de cette force sera établie dans le PFS.
PRINCIPE FONDAMENTALE DE LA STATIQUE DES FLUIDES (PFS).	Établir le PFS dans le cas d'un liquide incompressible et homogène : $-\vec{\text{grad}}P + \rho \vec{g} = \vec{0}$	Le cas des fluides compressibles pourra être traité en TD : Atmosphère isotherme, à gradient de température...
STATIQUE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES ET HOMOGENES DANS LE CHAMP DE PESANTEUR UNIFORME.	Établir le PFS dans le cas d'un liquide incompressible et homogène : $P + \rho g z = \text{Cte}$ Avec l'axe z orienté verticale ascendante Application : baromètres, presse hydraulique.	Dans ce cas le PFS peut s'écrire entre deux altitudes zA et zB. $P_A + \rho g z_A = P_B + \rho g z_B$
POUSSÉE ARCHIMÈDE $\vec{\pi}$	Établir que l'expression de la force exercée par un fluide sur un solide immergé : $\vec{F} = \rho V \vec{g}$	On pourra noter que cette force s'applique au centre de masse du volume de fluide déplacé et étudier le moment de cette force par rapport au centre de masse du solide immergé.

2. CINÉMATIQUE DES FLUIDES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :
DESCRIPTION D'UN FLUIDE EN MOUVEMENT : APPROCHE LAGRANGIENNE.	Définir la vitesse du point de vue de Lagrange d'une particule de fluide.
CHAMP EULÉRIEN DES VITESSES : VITESSE DE LA PARTICULE DE FLUIDE.	Citer des ordres de grandeur des masses volumiques de l'eau et de l'air dans les conditions usuelles.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
TRAJECTOIRES ET LIGNES DE COURANT.	- Exprimer la trajectoire de la particule dans le cas d'une approche lagrangienne. - Exprimer la ligne de courant dans le cas d'une approche eulérienne.	L'équation de la ligne de courant s'obtient en résolvant les équations différentielles suivantes : $\frac{dv_x}{v_x} = \frac{dv_y}{v_y} = \frac{dv_z}{v_z}$ qui se déduit de : $\vec{v} \wedge d\vec{OM} = 0$
MASSE VOLUMIQUE ρ , VECTEUR DENSITÉ DE COURANT DE MASSE $\vec{j} = \rho \vec{v}$, DÉBIT MASSIQUE ET VOLUMIQUE.	Définir le débit massique et l'écrire comme le flux du vecteur $\vec{j}$ à travers une surface orientée.	-
CONSERVATION DE LA MASSE.	Écrire les équations bilans, globale ou locale, traduisant la conservation de la masse.	-
ÉCOULEMENT STATIONNAIRE.	- Définir un écoulement stationnaire et la notion de tube de courant de masse. - Exploiter la conservation du débit massique.	-
DÉRIVÉE PARTICULAIRE DE LA MASSE VOLUMIQUE $\frac{D\rho}{Dt}$	Connaître et interpréter la dérivée particulaire de la masse volumique : $\frac{D\rho}{Dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}) \rho$	-
ACCÉLÉRATION PARTICULAIRE $\frac{D\vec{v}}{Dt}$	Connaître et interpréter l'accélération particulaire : $\frac{D\vec{v}}{Dt} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}) \vec{v}$ Autre expression : $\frac{D\vec{v}}{Dt} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \overrightarrow{\text{grad}} \left(\frac{v^2}{2} \right) + (\text{rot } \vec{v}) \wedge \vec{v}$	Bien distinguer accélération locale : $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t}$ et accélération convective $(\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}) \vec{v}$. À partir d'une carte de champ des vitesses en régime stationnaire, décrire qualitativement le champ des accélérations.

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
ÉCOULEMENT INCOMPRESSIBLE ET HOMOGENÈ DEBIT VOLUMIQUE $Q_v = \iint_S \vec{v} \cdot d\vec{S}$	• Définir un écoulement incompressible et homogène par un champ de masse volumique constant et uniforme. Relier cette propriété à la conservation du volume pour un système fermé. • Définir le débit volumique et l'écrire comme le flux de $\vec{v}$ à travers une surface orientée. • Justifier la conservation du débit volumique le long d'un tube de courant indéformable.	-
RÔLE DE $\text{div } \vec{v}$	Savoir interpréter $\text{div } \vec{v}$	Montrer que la divergence du champ de vitesses est une mesure de la dilatation des particules de fluide.
RÔLE DE $\vec{\text{rot}} \vec{v}$	Savoir interpréter $\vec{r}$ et $\vec{v}$ et définir et déterminer le vecteur tourbillon. $\vec{\Omega} = \frac{1}{2} \vec{\text{rot}} \vec{v}$ Étudier les cas d'écoulements tourbillonnaires et irrationnels.	-

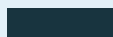
3. DYNAMIQUE DES FLUIDES :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
FLUIDE RÉEL, VISCOSITÉ DYNAMIQUE.	Relier l'expression de la force surfacique de viscosité au profil de vitesse dans le cas d'un écoulement parallèle. Exprimer la dimension du coefficient de viscosité dynamique. Citer l'ordre de grandeur de la viscosité de l'eau. Citer la condition d'adhérence à l'interface fluide solide.	Les forces de viscosité seront négligées dans la suite.

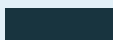
NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
FLUIDE PARFAIT.	Montrer qu'un fluide en écoulement parfait dans un référentiel galiléen vérifie l'équation d'Euler : $\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \rho (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} = -\text{grad}P + \rho \vec{g} + \vec{f}$	$\vec{f}$ est une densité volumique de force autre que celle du champ de pression qui sera obligatoirement donnée. Vérifier que s'il n'y a pas écoulement, on retrouve la loi fondamentale de la statique des fluides.

4. RELATION DES BERNOULLI :

NOTIONS ET CONTENU :	CAPACITÉS EXIGIBLES :	REMARQUES :
CAS D'UN ÉCOULEMENT PARFAIT, STATIONNAIRE ET HOMOGÈNE.	Savoir intégrer l'équation d'Euler sur une ligne de courant : $P + \rho g z + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{Cte (ligne)}$	Les équations de Bernoulli sont obtenues en intégrant l'équation d'Euler sur un trajet défini suivant les hypothèses des conditions d'écoulement. Dépend du trajet.
CAS D'UN ÉCOULEMENT PARFAIT, STATIONNAIRE, HOMOGÈNE ET IRROTATIONNEL.	Établir dans ce cas l'équation de Bernoulli.	Montrer que l'expression obtenue est indépendante du chemin suivi.
CAS D'UN ÉCOULEMENT PARFAIT, STATIONNAIRE, HOMOGÈNE ET IRROTATIONNELLE SANS ÉCHANGE DE TRAVAIL	Établir dans ce cas l'équation de Bernoulli.	Décrire l'effet Venturi. Décrire les applications : tube de Pitot, débitmètre.



INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : CHIMIE



COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES :

- Mobiliser les concepts théoriques et pratiques adéquats pour aborder et résoudre des problèmes dans les différents domaines de la chimie: chimie organique, chimie inorganique et des matériaux, chimie physique et chimie analytique.
- Comprendre les mécanismes fondamentaux à l'échelle microscopique dans la matière, modéliser les phénomènes macroscopiques qui en découlent et relier un phénomène macroscopique aux processus microscopiques.
Proposer un modèle pertinent.
- Valider un modèle par comparaison entre ses prévisions et des résultats expérimentaux ; analyser les limites de sa validité.
- Mobiliser les concepts des mathématiques, des sciences du numérique, des sciences physiques, de la biologie et de la physicochimie pour aborder et résoudre des problématiques complexes.
- Identifier et mener en autonomie les différentes étapes d'une démarche expérimentale ou de recherche documentaire, pour traiter un problème donné en chimie ou à l'interface avec les autres sciences : conception, mesure, analyse, interprétation des données expérimentales, modélisation,...
- Utiliser les appareils et les techniques de mesure en laboratoire les plus courants dans tous les domaines de la chimie; apprentissage de l'autonomie en laboratoire ;
- Être sensible à la sécurité en laboratoire et à la protection de l'environnement (gestion des déchets et des effluents, ...) ;
- Analyser et synthétiser des données en vue de leur exploitation.
- Situer les champs professionnels nécessitant des compétences en chimie.
- Avoir un regard critique sur les principes d'éthique, de déontologie et de responsabilité environnementale de l'ingénieur, en lien avec la chimie.



COMPÉTENCES TRANSVERSALES :

- Développer un esprit pratique.
- Développer une argumentation avec un esprit critique. Innover et entreprendre.
- Interagir efficacement avec d'autres personnes autour d'un problème donné, travailler en équipe.
- Identifier et sélectionner diverses ressources spécialisées pour documenter un sujet.
- Savoir rédiger un compte-rendu, un rapport.
- Communiquer efficacement son travail à l'oral.
- Se servir aisément de la compréhension et de l'expression écrite et orale en anglais, à des fins de recherche bibliographique et de travail sur des projets.



INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT :

CHIMIE



VOLUME HORAIRE :

1ÈRE ANNÉE	NOMBRE D'HEURE TOTAL	CM + TD	TP :	ÉVAL :	NBR HEURE REMÉDIATION
STRUCTURE DE LA MATIÈRE	32	31	-	1	3
CHIMIE ORGANIQUE	25	25	-	1	-
THERMO-DYNAMIQUE	16	16	3	1	4.5
CHIMIE DES SOLUTIONS	34	34	6	1	3
CINÉTIQUE CHIMIQUE	13	13	3	1	15

INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT :

CHIMIE



VOLUME HORAIRE :

2ÈME ANNÉE	NOMBRE D'HEURE TOTAL	CM + TD	TP :	ÉVAL :	NBR HEURE REMÉDIATION
THERMO-DYNAMIQUE	15	31	-	1	3
CINÉTIQUE CHIMIQUE	15	13	3	1	15

Tous les sites s'accordent sur un minimum de 15 heures de TP en tronc commun (environ 10% des heures totale d'enseignement du tronc commun) qui se répartiront sur les deux années A1 et/ou A2

TRONC COMMUN : STRUCTURE DE LA MATIÈRE

PROFIL ET ÉCOLE :

Profils génie des procédés / matériaux / gestion durable/ agro / biotechnologies / conception, écoprocédés
INP-B : ENSCBP, ENSTBB, ENSGTI, ENSEGID / INP-G : PAGORA, PHELMA, E3 (nucléaire, pime), Seatech, GI
/INP-L : EEIGM, ENSIC, Géol, ENSAIA, Mines, ENSTIB/ INP-T : ENCIACET, ENSAT, Purpan.

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Atomistique : généralités.

Caractéristiques générales d'un atome,
Spectres de raies d'émission de l'atome d'hydrogène
et ions hydrogénoïdes,
Structure électronique (couches et sous-couches),
niveaux d'énergie dans l'atome H et les ions
hydrogénoïdes,
Configuration électroniques (règles de
construction).

▪ Description de l'atome en mécanique quantique :

Introduction Dualité onde-corpuscule, Equation de
Schrödinger, Fonctions d'onde, nombres quantiques
(n, l, m), orbitales atomiques,
Représentation des fonctions d'onde
monoélectronique de l'atome d'hydrogène.

▪ Tableau périodique.

Organisation des éléments dans la classification
périodique.
Présentation des principales familles chimiques.
Evolution des propriétés atomiques : notion d'écran,
électronégativité, rayons atomiques et ioniques,
énergie d'ionisation, affinité électronique.
Polarisation, pouvoir polarisant et polarisabilité.

▪ Structure et géométrie des molécules.

Structure et géométrie moléculaires : modèle de
Lewis et VSEPR. Cas de l'hypervalence.
Liaison de covalence délocalisée
Modèle LCAO cas des molécules diatomiques homo
et hétéronucléaire de la 1^{ière} et 2^{ième} période.
Hybridation des orbitales atomiques.
Propriétés des molécules : molécules polaires et
apolaires, propriétés magnétiques

Simulation numérique

l'utilisation de bibliothèques numériques pour la
représentation en coordonnées polaires,
l'intégration numérique, la résolution d'équation à
une racine, la représentation spatiale de fonctions
3D

Possibilité de reporter le modèle LCAO pour les
molécules diatomiques et l'hybridation des
orbitales atomiques dans le module de chimie
organique.

Prérequis : système de coordonnées sphériques
(physique), intégrales multiples et impropres
(outils maths).

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Structure de l'état solide

Généralités : liaison dans l'état solide, classification des cristaux, maille élémentaire, coordinence, compacité, masse volumique, sites interstitiels & conditions d'occupation.

Description des structures des cristaux métalliques type CFC et CC ainsi que les cristaux ioniques type CsCl, NaCl et ZnS.

▪ Liaisons faibles

Description des interactions de Van Der Waal et liaison hydrogène. Identifier la nature des liaisons faibles dans le cas des corps purs simples.

Application : évolution des températures de changement d'état. Solvant moléculaire : polaire, apolaire, protique et aprotique.

Prérequis : notion de force électrostatique, potentiel électrostatique créé par une charge ou un dipôle.

TRONC COMMUN : CHIMIE DES SOLUTIONS

PROFIL ET ÉCOLE :

Profils génie des procédés / matériaux / gestion durable / agro / biotechnologies / écoprocédés)

INP-B : ENSCBP, ENSTBB, ENSGTI, ENSEGID / INP-G : PAGORA, PHELMA, Seatech / INP-L : EEIGM, ENSIC, Géol, ENSAIA, / INP-T : ENSIACET, ENSAT, Purpan

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Solution aqueuse

Interprétation microscopique de la mise en solution d'un soluté. Notion d'électrolyte fort et faible.

Conductimétrie et application au dosage conductimétrique : interprétation du changement pente avant et après titrage.

La mesure conductimétrique sera mise en œuvre expérimentalement au moins une fois dans l'une des séances.

▪ Etat d'équilibre

Activité des solutés, quotient de réaction, constante d'équilibre en lien avec la thermodynamique.

Prévision d'un état d'avancement, savoir déterminer l'état d'équilibre d'un système siège d'une réaction prépondérante.

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Equilibre acido-basique

Concept d'acide-base (Brønsted-Lowry, Lewis)

Réaction acide-base : caractère amphotère de l'eau, effet de nivellement du solvant, force acide et base

Diagramme de prédominance, prévision des réactions acide-base Calcul le pH d'une solution et d'un mélange d'acide et de base et d'un mélange par la méthode de la réaction prépondérante.

Interprétation d'une courbe de titrage pH-métrique : exploitation de l'équivalence, écriture de la réaction de titrage, interprétation en cas d'acidités multiples titrées séparément ou simultanément.

Les titrages acido-basiques complexes, avec ou sans précipitation seront mis en œuvre en TP.

▪ Réaction de précipitation

Définitions, produit de solubilité, déplacements des équilibres de précipitation, précipitations compétitives, précipitation et pH.

Prévoir l'état de saturation ou de non saturation d'une solution, en solide ou en gaz.

Exploiter des courbes d'évolution de la solubilité en fonction d'une variable.

-

▪ Réaction de précipitation

Définitions, produit de solubilité, déplacements des équilibres de précipitation, précipitations compétitives, précipitation et pH.

Prévoir l'état de saturation ou de non saturation d'une solution, en solide ou en gaz.

Exploiter des courbes d'évolution de la solubilité en fonction d'une variable.

L'illustration de la loi de Nernst par des mesures potentiométriques pourra être l'objet d'un TP.

TRONC COMMUN : CHIMIE ORGANIQUE

PROFIL ET ÉCOLE :

Profils génie des procédés / matériaux / gestion durable/ agro / biotechnologies / conception, écoprocédés)
INP-B : ENSCBP, ENSTBB, ENSGTI/ INP-G : PAGORA, PHELMA/ INP-L : EEIGM, ENSIC, ENSAIA, ENSTIB / INPT
: ENCIACET, ENSAT, Purpan.

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Représentation et stéréochimie

Représentation des molécules : perspective, Cram, Fischer, Newman Stéréoisomérisation conformationnelle et configurationnelle (conformation des chaînes carbonées et des cycles, chiralité, énantiomérisation, diastéréoisomérisation, règles de CIP, stéréoisomérisation géométrique, chiralité et pouvoir rotatoire).

-

▪ Nomenclature des composés organiques.

Notion de groupe fonctionnel. Principes élémentaires de la nomenclature des hydrocarbures. Principes élémentaires de la nomenclature de composés monofonctionnels (alcools, éthers, amines, aldéhydes, cétones, acides carboxyliques, esters).

-

▪ Effets électronique dans les molécules

Polarisation des liaisons, molécules conjuguées. Effet inducteur et mésomère.

-

▪ Introduction à la réactivité en chimie organique

Types de réactifs : électrophile, nucléophile, acide et base de Lewis Lien entre effets électroniques & stériques et réactivité Intermédiaires réactionnels (carbocations, carbanions, radicaux). Profil réactionnel, contrôle cinétique, contrôle thermodynamique, postulat de Hammond. Contrôle cinétique et approche « orbitales frontières ».

-

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Méthodes de caractérisation par spectroscopie

Principe et utilisation de la RMN ^1H .

Principe et utilisation de la spectroscopie IR.

L'analyse du signal FID en RMN peut être l'occasion de parler de transformée de Fourier.

TRONC COMMUN : CINÉTIQUE CHIMIQUE

PROFIL ET ÉCOLE :

Profils génie des procédés / matériaux / gestion durable/ agro / biotechnologies / conception, écoprocédés

INP-B : ENSCBP, ENSTBB, ENSGTI, ENSEGID / INP-G : PAGORA, PHELMA, E3 (nucléaire, pime), Seatech, GI

/INP-L : EEIGM, ENSIC, Géol, ENSAIA, Mines, ENSTIB/ INP-T : ENCIACET, ENSAT, Purpan.

1ÈRE ANNÉE :

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Réaction et mesure de la vitesse

Notion de vitesse de transformation chimique, définir la vitesse globale d'une réaction,

Relier vitesse et variation des concentrations, des quantités de matière ou des pressions partielles pour un réacteur fermé, définir le temps de passage.

Equation stœchiométrique et vitesse de réaction globale.

Approche de la cinétique en réacteur ouvert

Techniques expérimentales en cinétique (lien avec les TP).

La cinétique en réacteur ouvert s'appuie sur les bilans en systèmes ouverts abordés en physique.

TP : L'ajustement d'un modèle mathématique aux données expérimentales est l'occasion de détailler la régression des moindres carrés et d'expliquer la signification du R^2 .

▪ Lois de vitesse

Lois de vitesse : définition. Dégénérescence de l'ordre. Savoir choisir la bonne méthode pour déterminer la loi de vitesse en fonction d'un jeu de données Influence des concentrations :

Loi de vitesse "initiale" / Loi de vitesse "courante"

Méthodes de détermination de l'ordre d'une réaction. Méthode par intégration.

Méthode des temps de réaction partielle - Temps de demi-réaction

Méthode différentielle.

Simulation numérique : La résolution d'équations différentielle est omniprésente en cinétique. Ce cours peut être l'occasion d'introduire les méthodes numériques de résolution d'équations différentielles (méthodes explicites ou implicites à un pas, méthode RK, méthodes multipas...) ou bien utiliser les savoir acquis dans un module de méthodes numériques pour résoudre certaines équations.

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Activation thermique

Influence de la température Relation empirique d'Arrhenius.

Optimisation de la température d'un réacteur.

2ÈME ANNÉE :

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Théories de vitesse

Introduction aux processus élémentaires Théorie des collisions.

Relier la molécularité d'un processus aux ordres partiels de la loi de vitesse d'un acte élémentaire. Profil énergétique réactionnel.

▪ Mécanismes réactionnels

Cinétique formelle.

Réactions d'ordre simple.

Réactions composées : Réactions inversables – Réactions concurrentes - Réactions consécutives.

Mécanisme des réactions complexes.

Approximation du pré-équilibre rapide. Notion d'intermédiaire réactionnel. Approximation de l'état quasi-stationnaire. Approximation de l'étape cinétiquement déterminante.

Principes cinétiques.

Réactions par stades.

Réactions radicalaires en chaînes, longueur de chaîne.

Simulation numérique

Les mécanismes réactionnels donnent lieu à des systèmes d'équation différentielles linéaires (traitées en maths en 2^{de} année) ou non linéaires, dont la résolution demande l'usage de l'outil numérique. Une séance de BE sera consacrée de telles résolutions, qui permettent, en faisant varier des paramètres d'observer le comportement du système.

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Activation catalytique

Catalyse : définition, catalyse homogène, hétérogène, enzymatique.

Catalyse et cycles catalytiques

Ordre partiel par rapport au catalyseur.

TRONC COMMUN : THERMODYNAMIQUE PHYSICO-CHIMIQUE

PROFIL ET ÉCOLE :

Profiles génie des procédés/ matériaux / gestion durable/ agro / biotechnologies / production d'énergie/ écoprocédés).

INP-B : ENSCBP, ENSTBB, ENSGTI, ENSEGID / INP-G : PAGORA, PHELMA, E3 (nucléaire, pime) Seatech / INP-L: EEIGM, ENSIC, Géol, ENSAIA, Mines, ENSTIB / INP-T : ENCIACET, ENSAT, Purpan.

1ÈRE ANNÉE :

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Système chimique

Variables d'états, notion de phase, avancement d'une réaction chimique

Grandeurs molaires et grandeurs molaires partielles Grandeurs de réaction, opérateur de Lewis, état standard de référence.

▪ Premier principe

Premier principe appliqué à la thermodynamique chimique ; processus naturels et réversibles Energie interne et enthalpie ; chaleur de réaction isobare; cas des GP et de fluides réels; Loi de Hess - loi de Kirchhoff : cycle de Born-Haber, énergie réticulaire, énergie de liaison.

▪ Equilibre chimique

Condition d'équilibre, d'évolution spontanée d'une réaction
Constante d'équilibre

Prérequis : Le premier principe a été vu en physique au préalable L'équation d'état du GP et les lois de joules sont supposées vues en physique
On insistera sur l'aspect « bilan thermique », en lien avec les thématiques en école – on pourra réaliser une séance de TP de calorimétrie.

NOTIONS ET CONTENU :

▪ Second principe

Second principe appliqué à la thermodynamique chimique.

Notion d'entropie, entropie standard, influence de T et p .

Enthalpie libre G .

▪ Potentiel chimique

Potentiel Chimique : définition, propriétés, influence de T et p , potentiel chimique standard.

Condition de l'équilibre physico-chimique.

Equilibre entre phases : diagrammes de Clapeyron dans les systèmes unaires.

Expression du potentiel chimique : systèmes idéaux et réels.

Activité et coefficient d'activité Constante d'équilibre.

▪ Equilibre chimique

Variance d'un équilibre

Déplacement des équilibres : loi de Le Chatelier.

Prérequis : Le second principe a été vu en physique au préalable.

Précisions :

- Introduction de la fonction potentielle G et lien avec le second principe. Introduction de $\Delta_r G^\circ$ sans passer par les potentiels chimiques.
- La relation entre $\Delta_r G^\circ$ et K° sera donnée, sans démonstration.

La relation de Van't Hoff sera donnée sans la démontrer - et permet l'étude des variations de K° avec la température.

INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT :

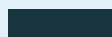
BIOLOGIE



VOLUME HORAIRE :

POINTS DU PROGRAMME :	NOMBRE D'HEURES :
QU'EST-CE QU'UN ÊTRE VIVANT ? - DÉFINITION DE LA VIE. HISTOIRE ET ÉVOLUTION DE LA VIE.	3
LA CELLULE	10
TD / TP MICROSCOPES ET CONSTITUANTS CELLULAIRES	3
TRANSMISSION ET DYNAMIQUE DU GÉNOME	1.5
GÉNÉTIQUE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE	10
APPLICATIONS : LES BIOTECHNOLOGIES	9 dont TD ou TP
ORGANISATION FONCTIONNELLE DU VIVANT	4.5
TP / TD TISSUS ET ORGANES VÉGÉTAUX (OU AUTRE SELON PROPOSITION)	3

POINTS DU PROGRAMME :	NOMBRE D'HEURES :
MÉCANISMES DE DÉVELOPPEMENT DES MÉTAZOAIRES.	3
CONTRÔLES (2X1H30)	3



CONTENU DE FORMATION :

TRONC COMMUN :

ORGANISATION DU VIVANT, DESCRIPTION ET MÉTHODES D'ÉTUDES DU MATÉRIEL BIOLOGIQUE, GÉNÉTIQUE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE [50H]

SUJET :	CONTENU :
QU'EST-CE QU'UN ÊTRE VIVANT ? - DÉFINITION DE LA VIE (SITUATION PARTICULIÈRE DES VIRUS) HISTOIRE ET ÉVOLUTION DE LA VIE.	Différences bactéries / eucaryotes / archées. - Définition de la vie donnée par la NASA. - Dogme « connu » du codage moléculaire. - Données nouvelles sur virus et la régulation des ARN. <u>Les êtres vivants ont besoin d'énergie :</u> Brève introduction de la notion de métabolisme (sera + développé en majeure). Constituants biochimiques des cellules (sera + développé en majeure). <u>Illustrations possibles :</u> les expériences de Pasteur et la démonstration du support physique du vivant.

SUJET :	CONTENU :
LA CELLULE	<u>Techniques d'étude des cellules :</u> les microscopes. Différents types d'êtres vivants (Bactéries / Eucaryotes / Archées autotrophes/hétérotrophes ; unicellulaires, pluricellulaires). Notion d'endosymbiose (évoquée rapidement, reprise dans la majeure 2). Constituants et fonctions des organites cellulaires La cellule est délimitée par une membrane (à décrire ici / le rôle de celle-ci est développé en majeure biochimie). Les cellules ont une organisation interne contrôlée par le cytosquelette (principalement actine et microtubules). Les cellules ont une forme, qui résulte d'un équilibre entre forces d'adhésion et squelette interne, paroi et pression osmotique pour les cellules à paroi.

SUJET :	CONTENU :
TD / TP MICROSCOPES ET CONSTITUANTS CELLULAIRES.	-

SUJET :	CONTENU :
TRANSMISSION ET DYNAMIQUE DU GÉNOME.	- Mitose (parler rapidement de la méiose, sans développer tous les stades qui pourront être traités dans la partie sur l'évolution). - Différence reproduction sexuée / asexuée, quel patrimoine est-il transmis ?

SUJET :	CONTENU :
GÉNÉTIQUE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE (ACIDES NUCLÉIQUES : ADN ET ARNS).	- Qu'est ce qu'un gène ? - L'ADN est le support de l'information génétique. - L'ADN est une molécule informative. - Du gène à la protéine. - Régulation de l'expression génétique : état de l'ADN (chromatine condensée ou non, histones), promoteurs, facteurs de transcriptions et séquences de régulation (opéron lactose), ARN régulateurs (mi et si RNA, qui peuvent aboutir à l'explication des techniques CRISPR-Cas9 dans la partie technologies de l'ADN recombinant) opérons / promoteurs / ARN régulateurs (si et miARN), épigénétique.

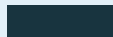
SUJET :	CONTENU :
APPLICATIONS : LES BIOTECHNOLOGIES.	Techniques d'étude des acides nucléiques. - Electrophorèses, transferts sur membrane, marquages ADN, séquençage. - Technologies de l'ADN recombinant (Ez restriction, PCR, clonages, CrispR-Cas9, OGM...).

SUJET :	CONTENU :
ORGANISATION FONCTIONNELLE DU VIVANT.	Fonctions réalisées par les organites (pour les organismes unicellulaires) ou les tissus / organes (pour les organismes pluricellulaires).

SUJET :	CONTENU :
TP / TD TISSUS ET ORGANES VÉGÉTAUX (OU AUTRE SELON PROPOSITION).	-

SUJET :	CONTENU :
MÉCANISMES DE DÉVELOPPEMENT DES MÉTAZOAIREs.	Pour aboutir à un organisme pluricellulaire, il faut évoquer les notions de : - Régulation (exemples : homéothermie ou stress) - Développement : rôles des gènes homéotiques (animaux + végétaux)

SUJET :	CONTENU :
CONTRÔLES (2X 1H30)	-



INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : LANGUES

MODALITÉS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX :

L'enseignement des langues à la prépa des I.N.P est une formation généraliste visant à préparer les étudiants à entrer dans l'une des Écoles d'Ingénieurs des I.N.P en connaissant deux langues étrangères, dont l'anglais.

Les cours ont lieu à raison d'un T.D. hebdomadaire de 1h20 ou 1h30 par langue vivante et sont répartis sur les deux années de la façon suivante :

- > 96H de présence élève en langues (LV1 et LV2 confondues) en première année
- > 74H en deuxième année (idem, LV1 et LV2 confondues).

Niveaux CECRL visés :

En LV1 : B2 pour les deux années.

En LV2 : B1 à B2 selon le niveau des étudiants.

OBJECTIFS DE FORMATION :

- **Compétences linguistiques :**

- Affermir les compétences de l'enseignement du second degré sur le plan linguistique (lexique, grammaire, phonologie).
- Conduire les étudiants à acquérir un niveau plus élevé de compréhension et d'expression, tant à l'écrit qu'à l'oral, et à consolider une méthodologie pour un apprentissage de la langue en profondeur (compréhension fine, compréhension de l'implicite, approfondissement).

- **Compétence culturelle :**

- Assurer la mise en place des repères culturels indispensables à la connaissance de la civilisation et de la culture des pays étrangers, notamment à travers la sensibilisation des étudiants à l'actualité contemporaine et aux grands enjeux des sociétés d'aujourd'hui.

- Compétence pragmatique :

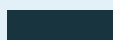
- . Développer et/ou consolider des compétences et savoir-être que l'on est à même d'attendre de futurs ingénieurs. Seront favorisées entre autres :
 - > La capacité à faire preuve d'ouverture d'esprit et de curiosité.
 - > La capacité à aborder un sujet de manière critique et nuancée.
- > La volonté d'approfondir une analyse et de communiquer un message clair.
 - > L'aptitude à travailler en équipe et à mener un projet à bien.

TRAVAIL ET ÉVALUATION :

Les supports de cours (texte, audio, vidéo) ainsi que les évaluations proposées sont de nature variée et permettent de mesurer le niveau et les progrès de chacun.e dans les différentes activités langagières (compréhension écrite et orale, expression écrite et orale). Les critères d'évaluation sont connus des étudiants et chaque travail rendu fait l'objet d'une correction individuelle.

La note finale du semestre peut être le résultat de plusieurs composantes (contrôle continu et/ou DS, participation en cours, investissement de l'étudiant, etc.).

Les étudiants sont encouragés à compléter la formation dispensée en cours par un effort de travail personnel et/ou de consultation de ressources, notamment lorsque les points fondamentaux de la langue- verbes forts, formes de conjugaison, structures de phrases, etc - ne sont pas maîtrisés.



INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : ÉCONOMIE



PROGRAMME - 1ÈRE ANNÉE :

- Introduction à l'économie : Les courants de pensées économiques et la diversité des sciences économiques et sociales.
- Les facteurs de production et les modes de mise en marché : loi de l'O/D, le travail, le capital et les ressources naturelles.
- L'utilisation des revenus : Base sur les revenus, la consommation, l'épargne.

Tout en CM : Chaque cours débute par une tribune de presse sur un fait d'actualité économique, social et/ou politique donnant lieu à 10 min de débat.

PROGRAMME - 2ÈME ANNÉE :

Cours portés sur la monnaie et les organisations des systèmes monétaires mondiaux, et la notion de "croissance économique" et "crises".

Ensemble d'exposés sur des parties du cours :

Comparaison entre les budgets des états : France et USA (recettes et dépenses),

Evolution des salaires et du chômage en France depuis 1970,

Le syndicalisme et la représentation des salariés en France,

L'évolution de la consommation des ménages en France depuis 1970,

Les crises de 1929, 1973, 2000 et 2007 : éléments de compréhension et de comparaison,

Evolution de la capitalisation boursière des 30 dernières années,

Le développement durable et les entreprises,

La sociologie et sa prise en compte dans les entreprises.

Tout en CM.

INTITULÉ DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT : PROJET 2A

FINALITÉS DU PROJET :

Les projets sont interdisciplinaires, ce qui est défini par l'**interaction d'au minimum deux disciplines**.

Le projet s'inscrit dans un **contexte authentique**.

Il est également destiné à **évaluer des compétences autres que disciplinaires**, plus transverses :

- 1- Savoir mener une recherche bibliographique.
- 2- Savoir prendre la parole pour une soutenance à contenu scientifique.
- 3- Savoir travailler en groupe et répartir des rôles simples dans le groupe (les projets ne doivent pas nécessiter, à ce niveau une gestion de groupe trop complexe.
- 4- Savoir communiquer sur l'avancée d'un projet, au niveau des livrables intermédiaires.
- 5- Avoir une approche développement durable dans le cadre du projet ou dans la gestion du projet.

ORGANISATION GÉNÉRALE DES PROJETS (HORS ÉVALUATION)

- **Nombre de sujet par rapport au nombre d'étudiants :**

- 1 sujet pour des groupes de 4 à 6 étudiants ou 1 sujet pour deux/trois groupes de 4-6 étudiants sur un même site ou sur des sites différents ; chaque sujet est proposé à deux groupes.
- La constitution des groupes est imposée et le sujet est attribué en fonction des majeures du S3.
- Recueil des sujets de projets dans une **banque commune de sujets** de projets sur le **Moodle** commun.

VOLUME HORAIRE, CHARGE DE TRAVAIL :

- Le projet correspond à 40h maquette, soit 80h de travail étudiant. Il correspond à 4 ECTS.

